

# INFLUENCIA DE LA VENTANA EN EL CONFORT TÉRMICO, LUMÍNICO Y CALIDAD DE AIRE DE LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE LA CIUDAD DE CUENCA









UNIVERSIDAD DE CUENCA  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Carrera de Arquitectura

Influencia de la ventana en el confort térmico, lumínico  
y calidad del aire de las viviendas unifamiliares de la  
ciudad de Cuenca

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
Arquitecta

Autoras:

Pamela Estefanía Sigüencia Sojos  
C.I. 0103940482  
Doménica Estefanía Tola Martínez  
C.I. 0105732168

Director:

Arq. Juan Felipe Quesada Molina PhD  
C.I. 0102260148

Asesora:

Arq. Jessica Mariela Ortiz Fernández  
C.I. 0106853443

Cuenca - Ecuador  
Julio 2019

## RESUMEN

La ventana es un elemento primordial en la envoltura de las edificaciones, relaciona el ambiente interior con el exterior, además, determina el nivel de habitabilidad, debido a que proporciona energía, iluminación y ventilación; lo que le define como un elemento indispensable en un sistema de acondicionamiento pasivo. El presente trabajo evalúa la influencia de la ventana en el desempeño de las viviendas y tiene como objetivo principal contribuir con un estudio que conduzca a mejorar la calidad del ambiente interior de las viviendas unifamiliares de la ciudad de Cuenca.

La metodología desarrollada permitió evaluar el desempeño de seis viviendas, con respecto al comportamiento de la ventana, en el confort térmico, lumínico y la calidad del aire; a través de simulaciones en el Software DesignBuilder. Los indicadores de evaluación representativos son la frecuencia de incomodidad térmica y los grados horas de incomodidad térmica, los cuales

permitieron un análisis térmico comparativo con distintas ventanas; representados por zonas de incomodidad.

Como resultado final se planteó criterios de diseño dirigidos a optimizar el desempeño de la ventana de las viviendas unifamiliares; de esta manera, la ventana óptima tiene como premisa básica estar orientada hacia el oeste, con una superficie vidriada mínima del 20%, tener una forma rectangular horizontal en una posición central a media altura o piso-techo; además, sus componentes físicos deben brindar aislamiento térmico y acústico. Los resultados revelaron una mejora en las condiciones del ambiente interior del 63% y 65% en el confort térmico, y el 80% en el confort lumínico.

Palabras claves: La ventana. Viviendas unifamiliares. Calidad del ambiente interior. Desempeño térmico. Desempeño lumínico. Calidad del aire.

## ABSTRACT

The window is a fundamental element in the building. It enables the indoor/outdoor relationship, also establishes the living conditions by providing energy, illumination, and ventilation. All of these factors make the window a key element in any passive environmental system. This document assesses the window's influence on the housing performance. Its main objective is to produce a study that leads to a better quality of the interior environment of the single-family household in Cuenca.

The methodology developed allowed a test of the performance of 6 households to understand the window's behavior regarding thermic comfort, light levels, and air quality. The analysis was done through computer simulation software Design Builder. The main guiding indexes analyzed were the frequency and quantity of degrees hours of thermal discomfort. The statistical analysis allowed different environments to be compared

with different windows, represented by discomfort zones. The final outcome of this study is to propose various key design criteria aimed at optimizing the windows performance of household. Therefore, the optimal window has as its basic premise to be oriented toward the west, with a minimum glazed surface of 20%, it has a horizontal rectangular shape in a central position at half height or floor-ceiling, besides its physical components must provide thermal and acoustic insulation. The results revealed an improvement in indoor living conditions of 63% and 65% in thermal comfort and 80% in light comfort.

**Keywords:** Window. Single family household. Indoor environmental quality. Thermal comfort. Visual confort. Air quality.

# CONTENIDO

## 1. CAPÍTULO I: BASES DE ESTUDIO

- 1.1. Delimitación del Problema
- 1.2. Justificación de la Problemática
- 1.3. Pregunta de Investigación
- 1.4. Objetivos
  - 1.4.1. Objetivo General
  - 1.4.2. Objetivos Específicos
- 1.5. Metodología

## 2. CAPÍTULO II: ENFOQUE TEÓRICO

- 2.1. Calidad del Ambiente Interior
  - 2.1.1. Confort Térmico
  - 2.1.2. Confort Lumínico
  - 2.1.3. Calidad del Aire
- 2.2. La Ventana
  - 2.2.1. Antecedentes
  - 2.2.2. Definición
  - 2.2.3. Funcionalidad
  - 2.2.4. Especificaciones Técnicas de las Ventanas
    - 2.2.4.1. Componentes de la Ventana
    - 2.2.4.2. Características de la Ventana
    - 2.2.4.2. Variables de la Ventana
- 2.3. Estrategias Pasivas para mejorar el Confort mediante la ventana
  - 2.3.1. Captación Solar

- 2.3.1.1. Estrategias de Captación Solar
- 2.3.2. Iluminación Natural
  - 2.3.2.1. Estrategias de Iluminación Natural
- 2.3.3. Ventilación natural
  - 2.3.3.1. Estrategias de Ventilación Natural
- 2.4. Normativa
  - 2.4.1. Normativa Nacional
    - 2.4.1.1. INEN 11 – 52: Iluminación Natural de Edificios
    - 2.4.1.2. INEN 11 – 26: Ventilación Natural de Edificios
    - 2.4.1.3. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC – HS – VIDRIO)
  - 2.4.2. Normativa Local
    - 2.4.2.1. Ordenanza que Sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca
  - 2.4.3. Estándares Locales
    - 2.4.3.1. Estándares de confort en los ambientes interiores de las viviendas urbanas en la ciudad de Cuenca, Ecuador
  - 2.4.4. Resumen de la Normativa

### 3. CAPÍTULO III: TIPOLOGÍAS DE VENTANAS DE LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE LA CIUDAD DE CUENCA

---

- 3.1. Descripción del Lugar de Estudio
- 3.2. Criterios de Selección de la Muestra
- 3.3. Casos de Estudio
  - 3.3.1. Descripción de los Casos de Estudio
- 3.4. Descripción de los Métodos para la obtención de Datos
  - 3.4.1. Levantamiento de Campo
  - 3.4.2. Análisis y Representación de Datos
  - 3.4.3. Análisis del Estado Actual de las Ventanas
- 3.5. Tipologías de ventanas

### 4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VENTANAS

---

- 4.1. Condiciones climáticas de Cuenca
- 4.2. Criterios de Evaluación del Desempeño térmico, lumínico y calidad del aire
  - 4.2.1. Estándares Referenciales
  - 4.2.2. Indicadores y Representación del Desempeño Térmico
- 4.3. Software de validación y Condiciones de simulación
- 4.4. Estandarización de Parámetros de simulación

- 4.5. Análisis del Comportamiento de Ventanas a través de Simulaciones
  - 4.5.1. Análisis del Estado Actual
  - 4.5.2. Análisis de Tipologías
  - 4.5.3. Análisis de Modelos
  - 4.5.4. Análisis de Componentes

### 5. CAPÍTULO V: CRITERIOS DE DISEÑO

---

- 5.1. Criterios Generales de Diseño
  - 5.1.1. Orientación
  - 5.1.2. Superficie Vidriada
  - 5.1.3. Distribución de Ventanas
- 5.2. Criterios de Diseño de Ventanas
  - 5.2.1. Criterios de forma
  - 5.2.2. Criterios de Posición
  - 5.2.3. Criterios de Sistema de apertura
  - 5.2.4. Criterios de Componentes físicos
  - 5.2.5. Otros Criterios
- 5.3. Aplicación de Criterios de Diseño

### CONCLUSIONES GENERALES RECOMENDACIONES

---

### BIBLIOGRAFÍA

---

### ANEXOS

---



Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Pamela Estefanía Sigüencia Sojos, autora del trabajo de titulación “Influencia de la ventana en el desempeño térmico, lumínico y calidad del aire de las viviendas unifamiliares de la ciudad de Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 08 de julio del 2019



---

Pamela Estefanía Sigüencia Sojos  
C.I: 0103940482

Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Doménica Estefanía Tola Martínez, autora del trabajo de titulación “Influencia de la ventana en el desempeño térmico, lumínico y calidad del aire de las viviendas unifamiliares de la ciudad de Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 08 de julio del 2019



---

Doménica Estefanía Tola Martínez  
C.I: 0105732168

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional

---

Pamela Estefanía Sigüencia Sojos, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Influencia de la Ventana en el desempeño térmico, lumínico y calidad del aire de las viviendas unifamiliares de la ciudad de Cuenca”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 08 de julio del 2019



Pamela Estefanía Sigüencia Sojos  
C.I: 0103940482

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional

---

Doménica Estefanía Tola Martínez, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Influencia de la ventana en el desempeño térmico, lumínico y calidad del aire de las viviendas unifamiliares de la ciudad de Cuenca”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 08 de julio del 2019



Doménica Estefanía Tola Martínez  
C.I: 0105732168

## AGRADECIMIENTOS

“Con buenos amigos, ninguna carrera es demasiado larga.”

Desconocido

Agradecemos a todas aquellas personas que nos acompañaron durante el proceso de elaboración de este proyecto.

Familia y amigos.

Arq. Felipe Quesada Molina  
Arq. Jessica Ortiz Fernández  
Arq. Pedro Álvarez Cordero

Pamela y Doménica

## DEDICATORIA

“Las palabras nunca alcanzan cuando lo que hay  
que decir desborda el alma.”

Julio Cortázar

A nuestros familiares y amigos.

A nosotras.

Pamela y Doménica

“Las ventanas son los ojos de la arquitectura. A través de la ventana entra la luz y la sombra que crea espacios. La ventana nos invita a entrar al paisaje urbano, y son las grietas a través de las cuales espiamos la arquitectura”

(Federico Babina, 2014)





Figura 2. Reflejos Cuencanos. Elaboración y  
Fuente: (Cherres, 2018)

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene un enfoque experimental cuantitativo, con el fin de evaluar el comportamiento de la ventana, como variable independiente, y su influencia en la calidad del ambiente interior, considerada la variable dependiente; es decir, que se manipula la variable independiente para observar el comportamiento de la variable dependiente.

En lo que se refiere a la variable dependiente, se puede decir que, la calidad del ambiente interior depende de un adecuado diseño y del uso pertinente de estrategias pasivas, por consiguiente, las características que posee la edificación, al igual que el desempeño de la envoltura y sus componentes, influyen directamente en la comodidad de los usuarios. La ventana, como parte de la envoltura, es un componente importante dentro de la edificación, debido a que es responsable del 30% al 50% de pérdidas y ganancias térmicas en el ambiente; un adecuado diseño puede lograr disminuir estas

deficiencias (Gustavsen, Grynninga, Arasteh, Jelle, & Goudey, 2011). Es importante mencionar que, el Ecuador no cuenta un marco normativo o un manual de estrategias que rijan a las ventanas para que proporcionen mejoras en las condiciones de habitabilidad; no obstante, existe estudios en la ciudad de Cuenca que demuestran el uso de la ventana como estrategia pasiva, el 66% de los usuarios de viviendas unifamiliares utilizan a la ventana como herramienta de ventilación natural y el 93% como herramienta de iluminación natural, aunque algunos consideran que no es suficiente para ciertos espacios (Quesada & Bustillos, 2018).

Sobre la base de las consideraciones anteriores, se realizó un análisis en las viviendas que representan a la tipología de vivienda unifamiliar de Cuenca, obtenidas en el proyecto de investigación “Método de certificación de la construcción de viviendas sustentables”; con el fin de determinar la influencia de la ventana en el desempeño

térmico, lumínico y calidad del aire. Además, se plantean criterios de diseño óptimos para las condiciones climáticas de la ciudad.

El desarrollo de este trabajo se presenta en cinco capítulos. En el primero se determinaron las bases de estudio, el mismo que incluye la descripción y justificación del problema; y por su parte, se expone la metodología propuesta para el análisis del desempeño de cada vivienda. En el segundo capítulo se desarrolló el enfoque teórico con temas sobre la calidad del ambiente interior, especificaciones técnicas de la ventana y estrategias pasivas relacionadas a la misma; además de abordar la normativa existente y estándares referentes al confort térmico, lumínico y calidad del aire.

En el tercer capítulo se realizó una aproximación a los casos de estudio, lo que permitió obtener las tipologías de ventanas de la ciudad de Cuenca. Planteadas la

ventana típica de Cuenca, en el cuarto capítulo, se analizó el comportamiento de las ventanas en las viviendas mediante simulaciones; las mismas que se realizaron en estado actual, para obtener datos de base para comparaciones posteriores; con las tipologías de ventanas de Cuenca, para conocer el comportamiento de la ventana típica; con modelos que hacen referencia a las formas más comunes, para establecer el modelo de ventana eficiente. Y, por último, con componentes físicos de la ventana, para conocer su comportamiento.

Finalmente, en el quinto capítulo se desarrollaron criterios de diseño para obtener el modelo eficiente de ventana para la ciudad de Cuenca; los mismos que fueron aplicados en los casos de estudio, con el fin de obtener porcentajes de mejora en la calidad del ambiente interior. Los resultados obtenidos mostraron un análisis comparativo entre el estado actual y una posterior aplicación de las estrategias.





Figura 1.1. Una ventana que se abre. Elaboración y Fuente: (Sharma, 2017)



# BASES DE ESTUDIO

“Toda la historia de la arquitectura gira exclusivamente en torno a las aberturas en las paredes”  
(Le Corbusier, 1927).





## 1.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Generar una vivienda eficiente, digna, confortable y accesible que garantice un modelo sustentable de desarrollo bajo la necesidad de garantizar mejores condiciones de habitabilidad, ha permitido que el marco legislativo del Ecuador considere temas de eficiencia energética y confort higrotérmico (Senplades, 2013). En este sentido se promueve la construcción sustentable en el país, ya que el sector residencial constituye el cuarto consumidor de energía, representando un 12%; valor que puede variar de acuerdo con la zona climática y el comportamiento de la envolvente de la vivienda. No obstante, es importante mencionar que se puede generar un ambiente interno habitable sin necesidad del uso de sistemas artificiales (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016; Palme, Lobato, Castillo, Villacreses, & Almaguer, 2015).

Para alcanzar y mantener condiciones pertinentes de habitabilidad, que generen un hábitat digno, es importante la integración de la sostenibilidad al planteamiento de las edificaciones (Arcas-Abella, Pagès-Ramon, & Casals-Tres, 2011). Pues una vivienda sostenible aprovecha todos los recursos disponibles con el objetivo de reducir el consumo energético. Es evidente entonces que los proyectistas deben poseer conocimientos sobre el diseño sostenible con referencia al lugar donde emplacen sus proyectos, pues un edificio confortable y que consume

poca energía en un lugar, no es automáticamente replicable en otro (Palme et al., 2015).

En el Ecuador, es habitual encontrar viviendas que no cumplen con los requerimientos mínimos de habitabilidad y por obvias razones no se las considera como confortables; por lo tanto, el usuario debe lograr adaptarse a dichas condiciones por sí solo, sin el uso de sistemas artificiales. Si los usuarios tuvieran acceso a más recursos económicos, la primera solución sería emplear sistemas de acondicionamiento para obtener comodidad dentro de sus viviendas, debido al mal diseño de las edificaciones desde un principio (Palme et al., 2015).

Estudios han determinado que las características de las edificaciones influyen directamente en la comodidad y salud de los usuarios, de hecho, una mala calidad ambiental interior no puede generar espacios confortables (Bluyssen, 2009; Quesada & Bustillos, 2018). Existen investigaciones que aportan con lo anterior descritos explican los problemas relacionados con la calidad ambiental, refiriéndose específicamente a factores físicos internos como la calidad térmica, acústica, visual y del aire, puede afectar el bienestar del ocupante (Al horr et al., 2016).

Es evidente entonces que el desempeño de la envoltura y de sus componentes constructivos determinan la sostenibilidad y el confort ambiental en las edificaciones

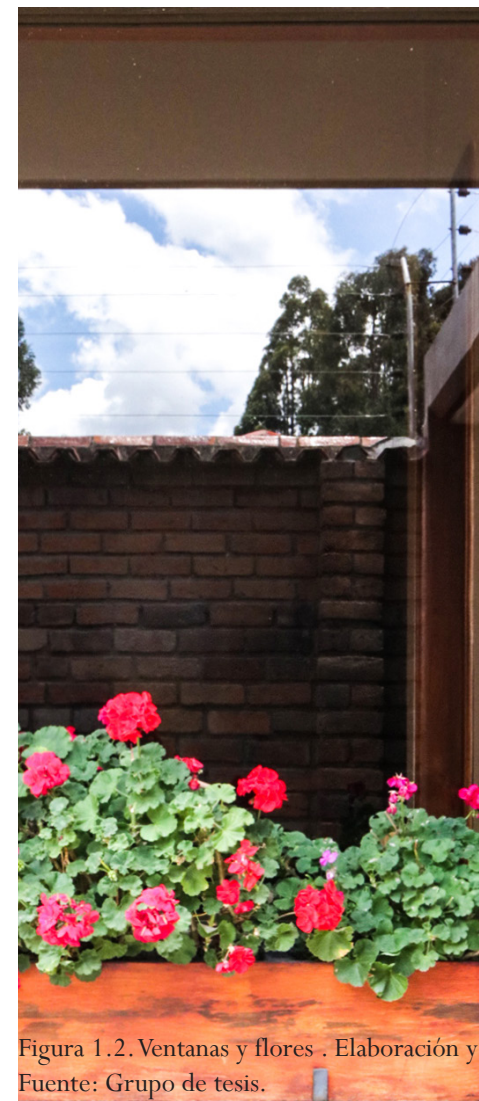


Figura 1.2. Ventanas y flores . Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

(Chow, Lin, Fong, Chan, & He, 2009). Considerando que la ventana es parte fundamental de la envoltura; investigaciones afirman que este elemento define el nivel de habitabilidad, ya que contribuye al ingreso de luz natural, ventilación y calor; por lo tanto, considerando el clima del lugar, el tipo de ventana influye en las condiciones térmicas del ambiente interno (Nico-Rodrigues, 2015).

En el Ecuador conociendo que sus viviendas no cumplen con los requerimientos mínimos de habitabilidad, se encuentra también que no existen pautas que ayuden a mejorar esta situación mediante el diseño adecuando de la ventana. Por lo tanto, la problemática radica en que un inadecuado diseño de ventana repercute en la habitabilidad y calidad del ambiente interior. Lo que produce sensación de malestar e incomodidad en los usuarios (Sacristán, 2018).

## 1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Ante la situación planteada, se puede recalcar que la ventana es un componente primordial dentro de la edificación, por la capacidad que tiene para ventilar, iluminar y transferir energía, razón por la cual forma parte de un sistema de acondicionamiento pasivo. Es el elemento principal que relaciona el ambiente interior con el exterior, permitiendo o restringiendo el ingreso del clima adverso a la vivienda (Larrumbide & Bedoya, 2015; Nico-Rodrigues, 2015). Dada su importancia, existen diversos estudios enfocados en este elemento y en su comportamiento. Larrumbide & Bedoya (2015) estudian a la ventana como captador de la radiación solar para lograr un adecuado dimensionamiento que reduzca la demanda energética en las viviendas vernáculas. Así como también Ripoll i Masferrer (1983) realiza estudios de la ventana en cuanto al tamaño, forma y geometría, comparando el tamaño de las ventanas en las diferentes regiones en España.

Por otra parte, Nico-Rodrigues (2008) propone una geometría de ventana en la ciudad de Vitória, Brasil; con el fin de optimizar el confort térmico del usuario, utilizando como estrategia pasiva la ventilación natural. La misma autora realiza otra investigación en el mismo campo, al desarrollar una metodología para evaluar la eficiencia de las ventanas, a partir de cuestionarios sobre la percepción de los usuarios en relación con el confort



Figura 1.3. Ventana vertical. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



térmico, teniendo en cuenta a la ventilación natural como principal elemento de análisis (Nico-Rodrigues & Engel de Alvarez, 2011). De igual manera, en su tesis de doctorado propone una metodología para evaluar el desempeño térmico de espacios ventilados naturalmente en edificios multifamiliares en la ciudad de Vitória, Brasil, por medio de simulaciones en un software de validación (Nico-Rodrigues, 2015).

Es necesario acotar que investigaciones realizadas por Ghisi, Tinker, & Ibrahim, (2005), han determinado que el tamaño de la ventana que garantiza visuales hacia el exterior y una adecuada distribución de iluminación natural, que son recomendadas en la literatura, en la mayoría de los casos, es incompatible con las medidas que garantizan un menor consumo energético. Además, sugieren que se realicen nuevos estudios que aborden temas de dimensiones, geometría y orientación de los espacios internos.

Los estudios mencionados valoran que las estrategias pasivas permiten mejorar el confort y habitabilidad de las viviendas sin generar un consumo energético adicional (Palme et al., 2015), muchas de estas estrategias pueden aplicarse en las ventanas.

En el caso de Cuenca, un estudio realizado mediante encuestas de percepción determinó que, el 66% de los usuarios de las viviendas utilizan las ventanas como

herramientas de ventilación, además el 93% dejan las cortinas abiertas para aprovechar la luz natural, aunque el 41% consideran que la iluminación natural no es suficiente para todos los espacios de sus viviendas. También, el 98% de las viviendas no tienen sistemas de calefacción y el 88% lo consideran innecesario; pues el 65% de usuarios consideran que la temperatura interior de su vivienda es cómoda, sin embargo, el porcentaje restante asociaron el problema con temperaturas bajas (Quesada & Bustillos, 2018).

Como consecuencia, en Cuenca existe una problemática referente a la calidad del ambiente interior de las viviendas, pues existen porcentajes de insatisfacción con respecto a la temperatura e iluminación de estas; no obstante, esta situación puede mejorar a través del uso correcto de estrategias pasivas en la ventana. Por esta razón este estudio busca establecer una relación adecuada, entre los componentes y las condiciones a las que están sometidas las ventanas, basada en investigaciones tratadas anteriormente y de acuerdo con las condiciones climáticas de la ciudad.

### 1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué características deben poseer las ventanas para que contribuyan a mejorar la calidad del ambiente interior, en las viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca, con respecto a la ventilación natural y captación solar?



Figura 1.4. Ventana y luz . Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

## 1.4. OBJETIVOS

### 1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Aportar con un estudio que conduzca a mejorar la calidad del ambiente interior de las viviendas unifamiliares de la ciudad de Cuenca, a través de un adecuado diseño de ventanas.

### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las tipologías de ventanas que se utilizan en las viviendas unifamiliares que formaron parte del estudio que se realizó en el proyecto de investigación “Método de certificación de la construcción de viviendas sustentables”.
- Analizar el comportamiento de cada tipo de ventana, con respecto a la captación solar y ventilación natural; y comparar los resultados.
- Plantear criterios de diseño para el modelo de ventana eficiente en las viviendas unifamiliares en la ciudad de Cuenca, a partir de los resultados obtenidos de su comportamiento.





## 1.5. METODOLOGÍA

El presente trabajo tiene un enfoque experimental-cuantitativo; la metodología que se plantea permite evaluar el comportamiento de la ventana (variable independiente) y su influencia en la calidad del ambiente interior (variable dependiente) de las viviendas unifamiliares de la ciudad de Cuenca. Se manipula la variable independiente para observar la fluctuación en la variable dependiente, con el fin de demostrar la importancia de la ventana en la calidad del ambiente interior.

La siguiente metodología está basada en la investigación de Nico-Rodriguez (2015) de su tesis de doctorado, en la cual plantea de manera general cuatro etapas.

1. Caracterización de las tipologías de ventanas, a partir de un área de muestra y un levantamiento de campo, obtuvo el tipo de ventana más habitual.
2. Definición de la metodología de evaluación del desempeño térmico, mediante índices de confort térmico y un diagrama de representación de datos.
3. Evaluación del rendimiento térmico de las ventanas, determinó las características de las edificaciones y los parámetros de simulación; para analizar el comportamiento de la ventana más común y la ventana teóricamente más adecuada.
4. Solución de ventanas a partir de una propuesta sobre un modelo de ventana.

El presente estudio realiza una serie de modificaciones al proceso descrito anteriormente, debido a la carencia de un marco normativo o un manual de eficiencia energética y diseño pasivo en el Ecuador, enfocado en la ventana; además, de aplicar la metodología de evaluación del desempeño térmico adaptada a las condiciones climáticas de Cuenca.

Es importante mencionar que se considera dos muestras de análisis, una global y otra específica; la primera establecida en el proyecto de investigación “Método de certificación de la construcción sustentable de viviendas” (Quesada M., Calle P., Guillén M., Ortiz F., & Lema P., 2018), la cual consta de 6 viviendas unifamiliares que representan a la tipología de vivienda de la ciudad de Cuenca. La muestra específica abarca todas las ventanas de los 6 casos de estudio, la cual fue la muestra principal para todo el desarrollo de la investigación, debido a que es pertinente realizar el análisis en los espacios de las viviendas para obtener resultados cercanos a la realidad, razón por la cual no se puede aislar a la ventana del espacio al que pertenece.

Los criterios bajo los cuales las viviendas fueron seleccionadas, en el proyecto de investigación, se centran en:

- Ubicación: que las viviendas se encuentren dispersas en el área urbana de la ciudad.
- Variedad en la implantación de la edificación:



Se consideraron ejemplos de tres formas de implantación, viviendas adosadas a ambos lados, viviendas adosadas a un lado y viviendas esquineras.

- Sistema constructivo: que las viviendas esten construidas con estructura de hormigón y paredes de ladrillo.
- Perfil socioeconómico de los usuarios
- Predisposición de los usuarios a colaborar con el estudio.

Conociendo el tipo de vivienda más común, se asume que las ventanas que las componen, en igual forma, representan a la tipología de ventana de la ciudad; razón por la cual, se proponen las siguientes etapas como metodología:

#### **ETAPA I:** Caracterización de las tipologías de ventanas.

En esta etapa se caracterizan todas las ventanas pertenecientes a los 6 casos de estudio, mencionados anteriormente; con el fin de obtener la ventana típica de Cuenca se considera el siguiente proceso:

- a. Descripción del lugar de estudio: Se realiza la descripción de Cuenca, con el fin de contextualizar los casos de estudio.
- b. Descripción de la muestra: Se describe la muestra global de los 6 casos de estudio, su ubicación, planos arquitectónicos y fotografías.

c. Levantamiento de campo: Se realiza la recolección de datos de la muestra específica, a través del método de observación estructurada y mediante cuadros de registro.

d. Análisis y representación de datos:

- Se utilizan medidas de tendencia, se descomponen los atributos de la ventana y se establecen los valores de mayor frecuencia.
- Se realiza un análisis del estado actual de las ventanas con respecto a la normativa.

e. Definición de tipologías: A partir de los resultados más comunes se establece la ventana típica de las viviendas unifamiliares de Cuenca.

#### **ETAPA II:** Análisis del comportamiento de las ventanas.

Es importante mencionar que, para conocer el comportamiento que posee una ventana y la incidencia de esta en el espacio, es necesario el uso de una herramienta de análisis; las simulaciones resultan ser un recurso adecuado para esta experimentación, por lo que se debe considerar lo siguiente:

- a. Caracterización del sitio: Conocer las condiciones climáticas de Cuenca como, temperatura, humedad relativa, precipitación y vientos predominantes, a los que la ventana estará regida.



- b. Definición del software de análisis: Se selecciona el programa Design Builder, el mismo que se configura a la condición climática local.
- c. Estandarización de parámetros de simulación: La estandarización permite realizar las simulaciones de todos los casos de estudio bajo las mismas condiciones, con el objetivo de evidenciar únicamente la influencia de la ventana (variable independiente) en los espacios. A continuación se describe los parámetros estandarizados:
  - Características constructivas de las viviendas
  - Propiedades térmicas de la envoltura
  - Actividad realizada por los usuarios
  - Parámetros humanos y ganancias térmicas por equipos
  - Tiempo de apertura de ventanas y consigna de ventilación
  - Nivel de estanqueidad del aire (infiltraciones)
- d. Indicadores de desempeño: La evaluación del comportamiento de las ventanas se realiza mediante su desempeño térmico, lumínico y calidad del aire, los indicadores para dicha evaluación son los siguientes:
  - Desempeño térmico: Los indicadores del desempeño térmico son la frecuencia de incomodidad térmica (FDT) y los grados horas de incomodidad térmica (GhDT); los mismos que con el fin de realizar comparaciones, se representan mediante niveles que van de incomodidad temporal leve a frecuente intensa.
  - Desempeño Lumínico: El indicador de desempeño lumínico es el factor luz día (FLD), el mismo que se representa en una escala de color que oscila de negro, como valor mínimo, a rojo, como valor máximo.
  - Calidad del aire: El indicador de la calidad de aire son las renovaciones de aire por hora (rev/h), las mismas que están regidas al tiempo de apertura de la ventana, y al nivel de infiltraciones presentes en la edificación.
- e. Análisis del comportamiento de las ventanas a través de simulaciones: Se establecen cuatro instancias de simulación, con el fin de analizar el comportamiento de cada ventana referente a la captación solar y ventilación natural, sugiriendo modificaciones en sus características y variables, para establecer cuáles son las de mejor comportamiento. Además de indentificar el desempeño de los componentes físicos.
  - Simulaciones en estado actual de las viviendas: Se muestra las condiciones existentes en las viviendas, datos que serán útiles como factor comparativo al realizar modificaciones únicamente en las ventanas.
  - Simulaciones con la tipología de ventanas: A partir de los casos de estudio de peor comportamiento, se analiza el desempeño de las ventanas más comunes de la ciudad de Cuenca, en las que se varía únicamente la orientación.

- Simulaciones con modelos de ventana: Se propone modelos de ventana a partir de las formas más comunes, y se analiza el desempeño de cada modelo variando la posición en la pared y la orientación.
  - Simulaciones de componentes: Se evalúan los diferentes tipos de componentes que constituyen a la ventana.
- f. Modelo de ventana eficiente: Se establecen las características, variables y componentes de mejor desempeño térmico, lumínico y calidad de aire; con respecto a las condiciones climáticas de Cuenca.

**ETAPA III:** Criterios de diseño de ventanas aplicados a Cuenca.

a. Criterios de diseño: Se plantean criterios de diseño para optimizar el desempeño de la ventana, en los que se describen las consideraciones para cada caso, con respecto a las características, variables y componentes físicos de la ventana.

b. Validación de criterios de diseño: Se aplican los criterios de diseño, a partir de la problemática de cada caso de estudio, con el fin de realizar un análisis comparativo y obtener porcentajes de mejora entre los resultados del estado actual y los obtenidos con la aplicación de cada criterio.

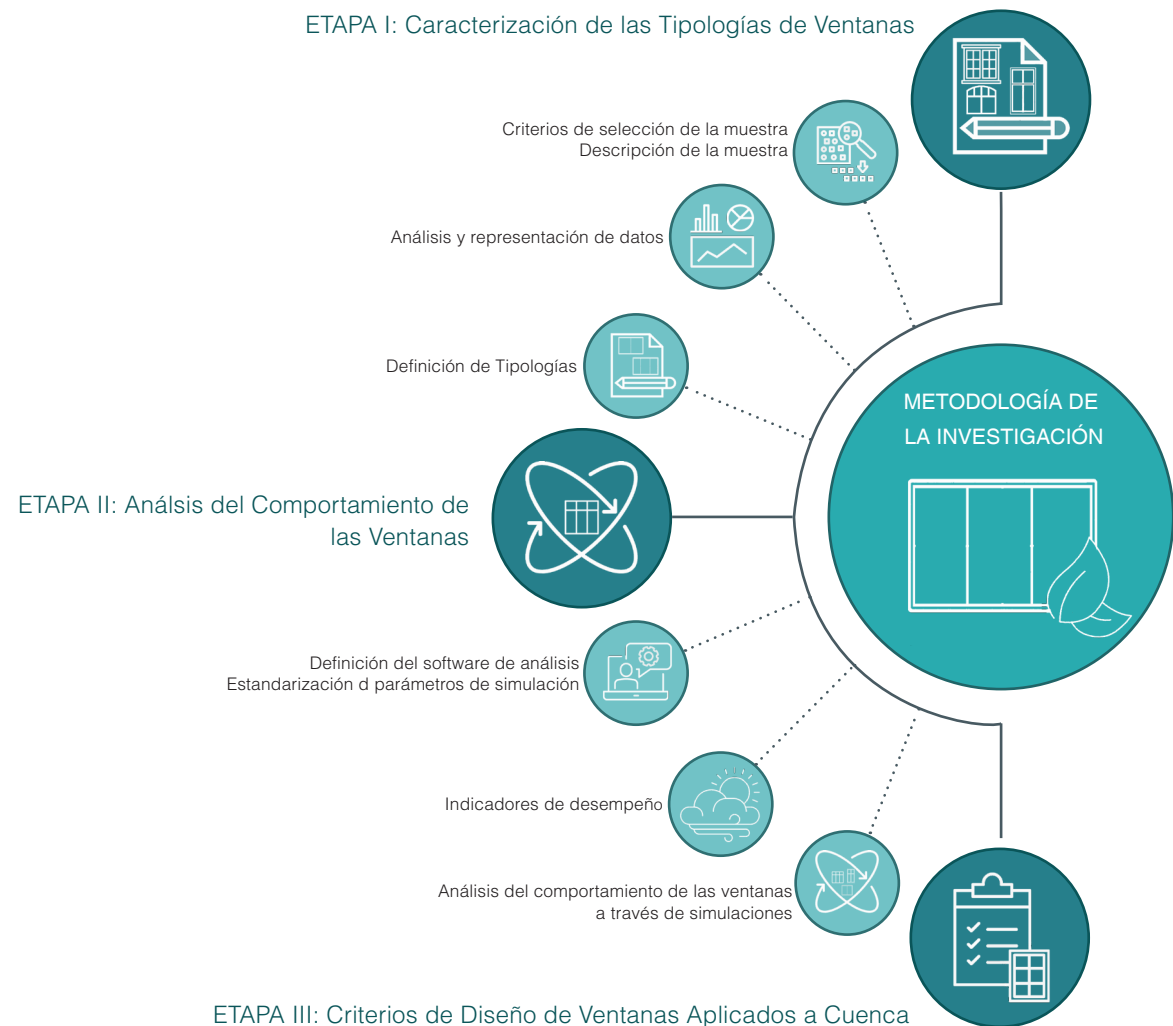


Figura 1.5. Diagrama de Metodología de Estudio.  
Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

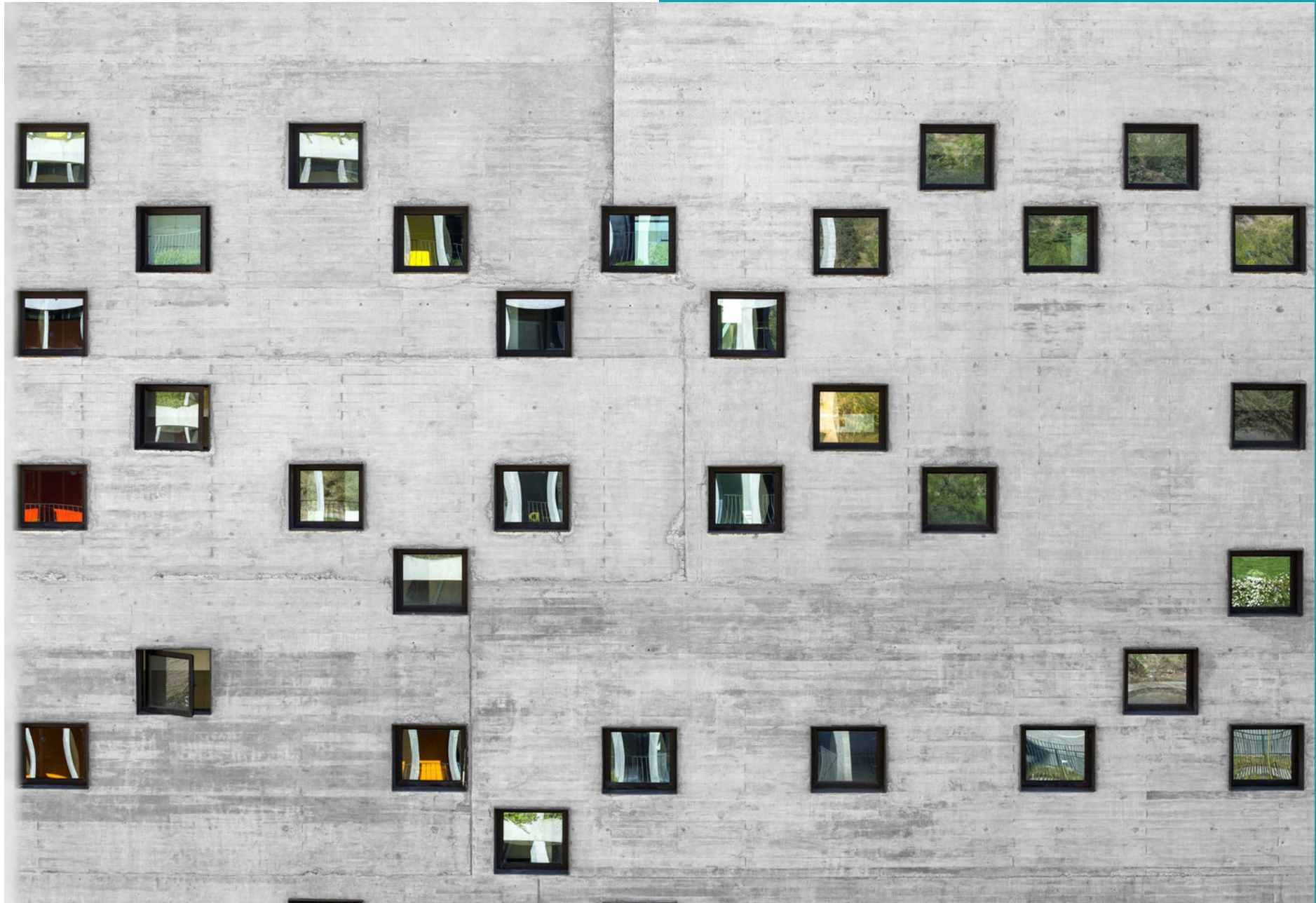


Figura. 2.1. Window Box. Elaboración: (Guerra, 2014). Fuente: Plataforma Arquitectura.



# ENFOQUE TEÓRICO

“De todo lo que es posible aprender, elige y aprende lo mejor y de todo lo que hayas aprendido, elige lo mejor y enséñalo a los demás.”

(Tales de Mileto, a. C.)



## 2.1. CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR

En la actualidad, las personas pasan la mayor cantidad de su tiempo en el interior de las edificaciones, en consecuencia, se han manifestado una serie de efectos relacionados con la comodidad y salud que brinda las características del edificio. Investigaciones sugieren que una adecuada calidad del ambiente interior (calidad térmica, acústica, visual y del aire) de la edificación tiene un efecto directo en la comodidad de sus ocupantes (Al horr et al., 2016; Vargas & Gallego, 2005).

Ahora bien, se puede definir como calidad del ambiente interior (CAI) a las condiciones ambientales que presentan los espacios internos, estas deben adecuarse a las necesidades del usuario y a la actividad que realice en esos espacios. Es evidente entonces, que el malestar que presentan los usuarios está sujeto a varios factores implicados en la calidad del ambiente interior, como agentes químicos, biológicos y físicos (Ruiz & García Sanz, 2010).

- Agentes químicos: los contaminantes químicos se constituyen por materia inerte que se presentan en el aire en forma de moléculas individuales.
- Agentes biológicos: estos contaminantes son un producto de todo tipo de desechos originados por materia viva como: virus, bacterias, protozoos y otros.

- Agentes físicos: se refieren a las condiciones termohigrométricas como, la temperatura, humedad, velocidad del aire, iluminación, ruido y vibraciones.

Debido a la complejidad de evaluar la calidad del ambiente interior y a la variedad de factores que intervienen; esta investigación se centra en los agentes físicos, ya que a diferencia de los químicos y biológicos son más fáciles de identificar y cuantificar a través de mediciones. (D'Alençon & Toledo, 2008; Ruiz & García Sanz, 2010).

Los parámetros físicos intervienen en el confort térmico, el cual está regido a la temperatura; en el confort visual, que abarca las visuales hacia el exterior y el nivel de iluminación; en el confort acústico, que mide la incidencia del ruido en el espacio; y en la calidad del aire, generada por el intercambio de aire del exterior al interior. No obstante, para evaluar cada aspecto se utiliza como herramienta un software de validación, el mismo que no puede medir parámetros referentes a las visuales y al nivel de ruido; razón por la cual se prescinde de estos aspectos en el presente trabajo.





### 2.1.1. CONFORT TÉRMICO

El confort térmico es probablemente el parámetro más importante para evaluar la calidad del ambiente interior, pues, para que el usuario realice correctamente sus actividades, es necesario que el espacio se encuentre cómodamente térmico. Sin embargo, el confort térmico es la percepción de una persona al entorno, es decir, la sensación que tiene un usuario hacia un espacio que puede considerar demasiado caliente o demasiado frío. Es evidente entonces, que el confort térmico está relacionado con factores ambientales y humanos que intervienen en la satisfacción del usuario al entorno; factores como la ubicación geográfica, el clima, época del año, edad, entre otros (Al horr et al., 2016; Nico-Rodrigues, 2015).

Aunque existen casos en los que varias personas en un mismo entorno tengan diferentes sensaciones térmicas; así como también, que tengan la misma sensación térmica en diferentes entornos. Por esta razón se puede decir que el confort térmico es subjetivo, ya que busca alcanzar un equilibrio entre el calor producido por el cuerpo y su disipación en el ambiente; así que al proyectar se intenta crear espacios que resulten aceptables para la mayoría de los usuarios (D'Alençon & Toledo, 2008; The European Commission, Architects' Council of Europe, Energy Research Group, Softech, & Suomen Arkkitehtiliitto, 2007).

De acuerdo con los límites de temperatura que el hombre puede resistir, el máximo es de insolación y el mínimo es el de congelación; sin embargo, la temperatura ideal debe estar en la media del valor mínimo y máximo. Es importante diferenciar la temperatura del cuerpo de la temperatura de confort; el cuerpo tiene por lo general una temperatura entre 36,5°C - 37°C; mientras que la temperatura de confort del medio esta entre los 21°C - 27°C (D'Alençon & Toledo, 2008; Guimarães, 2008).

Según Givoni la zona de confort se encuentra entre un límite inferior de 18°C a 19°C, debajo del 25% de humedad relativa; y el límite superior de 24°C a 26°C, en ambiente seco con humedad relativa entre 30% y 50% (Palme et al., 2015). Sin embargo, los rangos establecidos de confort, en cualquier zona climática, no alcanzarán el 100% de satisfacción para todas las personas, debido a que no considera la manera de adaptación de los usuarios a cualquier clima (The European Commission et al., 2007).

Los diferentes climas afectan de manera inmediata al confort de los usuarios, razón por la cual, al momento del diseño, es importante que las características físicas de las viviendas sean adecuadas con el ambiente en el que se plantea el proyecto. Se puede decir que los materiales y las tecnologías utilizadas en la construcción son un factor que afecta en el rendimiento térmico de la vivienda (Nico-Rodrigues, 2015).



### 2.1.2. CONFORT LUMÍNICO

El confort lumínico se entiende por la ausencia de molestia, irritación o distracción de la percepción visual. Depende de los niveles de contraste dentro de un espacio, considerando que se relaciona directamente con las propiedades fisiológicas del ojo humano. Una inadecuada iluminación afecta a la eficiencia y productividad en el trabajo, en el estado de ánimo y salud (D'Alençon & Toledo, 2008).

Lograr una cantidad y calidad de luz, es necesario para alcanzar condiciones de confort lumínico; la luz debe entrar a los espacios en cantidades adecuadas y distribuirse de manera uniforme. La fuente de luz puede ser natural, artificial o ambas, sin embargo, las ventanas ofrecen claras ventajas. En este mismo sentido, los niveles de iluminación natural varían de acuerdo a la actividad que se realice en cada espacio y a las condiciones climáticas de del lugar (D'Alençon & Toledo, 2008; The European Commission et al., 2007).

Es importante aclarar que, la distribución de luz es de mayor importancia que la cantidad, debido a que afecta a la percepción de claridad; si existe diferencias entre los niveles de luz natural, los usuarios tienden a encender las luces, a pesar de que se dispone de una adecuada cantidad de luz. La percepción de la distribución de luz se puede dar por el contraste o deslumbramiento que

genera una fuente de luz muy intensa en el campo visual (The European Commission et al., 2007).

Por esta razón las decisiones durante el proceso de diseño y construcción son importantes para asegurar que dichos niveles se cumplan para cada uno de los espacios (D'Alençon & Toledo, 2008).

### 2.1.3. CALIDAD DEL AIRE

La calidad de aire se la puede definir a través de varios factores, entre los cuales se encuentra el factor humano, el aire interior y la contaminación (Bluyssen, 2009).

- Factor humano: Este se produce cuando la persona es capaz de percibir el aire interior de un espacio, medido por unidad de mal olor.
- Aire interior del espacio: Se mide de acuerdo al índice de ventilación litros por segundo por persona (l/s) o por renovaciones de aire por hora (rev/h) del espacio interior.
- Contaminación del aire interior: Son las fuentes contaminantes, en las que ciertos compuestos reaccionan por fuentes externas, creando otros contaminantes hacia el interior.



La necesidad de aire dentro de un espacio depende directamente de la actividad que se realizará dentro del mismo; sin embargo, para satisfacer las condiciones de habitabilidad, las renovaciones de aire para las viviendas deben oscilar entre 0.5 a 1.2 renovaciones por hora (SERVIU, 2007).

Es necesario que la calidad del aire exterior sea aceptable, pues las renovaciones resolverán los problemas relacionados a un ambiente viciado y a malos olores. El intercambio del aire es importante para la salud, pero, cuando este parámetro está relacionado con el confort, las renovaciones no son influyentes hasta que el flujo de aire incide sobre la piel de los usuarios (Rodríguez, 2008; SERVIU, 2007; The European Commission et al., 2007).

## 2.2. LA VENTANA

### 2.2.1. ANTECEDENTES

El proceso evolutivo de la ventana ha dependido de la tecnología constructiva de cada época, empezó como perforaciones de la envoltura hacia un patio interior (Fig.2.2), para proporcionar iluminación y ventilación. Posteriormente se logró la integración de este elemento a la fachada, por la incorporación del vidrio y nuevos materiales. En el transcurso de los años la ventana se convirtió en un elemento indispensable en el diseño arquitectónico, al añadir valor estético la edificación (Iturriaga Torres, 2008; Nico-Rodrigues, 2015).

El desarrollo tecnológico que surgió durante la revolución industrial permitió aperturas más grandes, prescindiendo de muros portantes ciegos (Fig.2.7). Más adelante, con la invención y el empleo de la luz eléctrica se construyeron espacios sin ventanas; además del uso de cubiertas vidriadas, muro cortina, fachadas de vidrio y acero (con independencia a la estructura portante de la edificación). La invención del aire acondicionado compensó el sobrecalentamiento del edificio debido al empleo de elementos vidriados, provocando que la edificación tuviera independencia del clima y de las condiciones meteorológicas del lugar. De esta manera se perdió el concepto integral de espacio y luz, imponiéndose una concepción física de las soluciones técnicas a través de sistemas activos; mediante equipos tecnológicos de acondicionamiento, de ventilación e iluminación (Iturriaga Torres, 2008; Nico-Rodrigues, 2015).

Actualmente existen numerosas posibilidades tecnológicas para evitar problemas de acondicionamiento ambiental, generadas por las superficies vidriadas en el edificio. Además, una actual preocupación del tema bioclimático en la arquitectura, donde pretende regresar al origen de construir con sistemas naturales (Fig.2.9), evitando sistemas que utilizan combustible o energías externas para lograr el confort dentro de los espacios (Iturriaga Torres, 2008; Ventanas San Miguel, 2017).

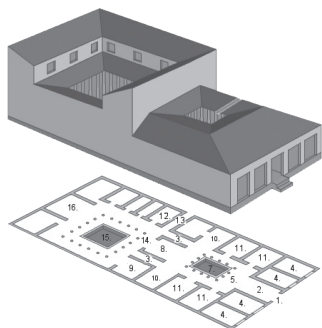


Figura. 2.2.



Figura. 2.4.



Figura. 2.6.



Figura. 2.8.

Casa de los Amorcillos Dorados. Poseían ventanas con dimensiones mayores.  
Figura. 2.3. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web. <https://www.doccity.com>

Palazzo Rucellai. Las ventanas se convirtieron en elementos indispensables para el diseño y lograron añadir valor estético al edificio.  
Figura. 2.5. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web. <https://www.pinterest.es>

Reliance Building. La luz eléctrica provocó que la edificación tuviera independencia del clima.  
Figura. 2.7. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web <http://asombroarquitectura.blogspot.com>

Centro de Leyes. La ventana se convierte en un elemento significativo de la arquitectura; pretende minimizar su dependencia de la energía.  
Figura. 2.9. Elaboración: (Feinknopf, 2013) Fuente: Plataforma Arquitectura.



Domus Romana. Ventilación e iluminación por patios centrales.  
Figura. 2.2. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web. <https://domus-romana.blogspot.com>

Vidrieras de Sainte Chapelle. Los romanos fueron los primeros en utilizar vidrio en las ventanas, la mayoría para ornamentación religiosa.  
Figura. 2.4. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web. <https://www.ventanassanmiguel.com>

Palacio de Cristal del Retiro. Uso de nuevos materiales como el hierro y el vidrio, permitió aperturas más grandes.  
Figura. 2.6. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web. <http://luz-historia-arte>

Villa Saboye. El uso del hormigón armado permitió aperturas de mayor tamaño a lo largo de la fachada.  
Figura. 2.8. Elaboración: Desconocido. Fuente: Plataforma Arquitectura.



Figura. 2.3.



Figura. 2.5.



Figura. 2.7.



Figura. 2.9.



### 2.2.2. DEFINICIÓN

La ventana es un hueco o una apertura en un muro o pared, que tiene la finalidad de brindar calor, luz y ventilación a los espacios correspondientes. Es un elemento de acondicionamiento pasivo de la envolvente térmica de una construcción, además de ser un importante elemento estético en el diseño arquitectónico (Iturriaga Torres, 2008; Larrumbide & Bedoya, 2015).

### 2.2.3. FUNCIONALIDAD

La ventana es el principal integrador de un espacio interior con el exterior, está sujeta a tres vínculos importantes: necesidad social, construcción espacial y exteriorizar el entorno. La ventana provee escaso aislamiento en la superficie exterior del edificio; en consecuencia, es sensible al intercambio térmico y a las variaciones en las condiciones climáticas del entorno. Ofrece la capacidad de ventilar, iluminar o transmitir energía; consiguiendo alterar condiciones de confort, salud y paisaje visual. Por lo tanto, al recibir radiación solar, contribuye a disminuir o aumentar cargas de calefacción o refrigeración; de igual manera, la ventana es el principal elemento encargado de la ventilación e iluminación natural. Por lo que entender su comportamiento dentro de las diferentes condiciones climáticas, es de mucha importancia, y aún más cuando se la considera un elemento clave dentro de las estrategias pasivas. (Iturriaga Torres, 2008; Larrumbide & Bedoya, 2015).

Cabe agregar que el desempeño de estas funciones se da cuando las ventanas se disponen hacia el exterior. Sin embargo, cuando existen ventanas en el interior su funcionalidad se ve afectada, al no permitir captar la radiación solar adecuada para calentar e iluminar de manera directa; además de no poseer la capacidad de ventilar los espacios.

### 2.2.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS VENTANAS

La ventana se divide en tres aspectos diferentes: componentes físicos, aquellos elementos por los que está compuesta la ventana; características, que permiten distinguir entre cada modelo de ventana; y variables, son los aspectos que cambian la misma.

#### 2.2.4.1. COMPONENTES DE LA VENTANA

El vano está compuesto por diversos elementos, entre los cuales se identifican el antepecho, el dintel, la jamba, la carpintería y el cristal (Plataforma Arquitectura, 2014).

**Antepecho:** borde o muro de poca altura que se ubica en la parte inferior del hueco de la ventana, se levanta desde el piso y termina con un remate llamado alféizar (pieza que impide el ingreso de agua).

**Dintel:** elemento constructivo que define el remate superior de la ventana.

**Jamba:** caras internas y laterales, en la cual se sostiene la ventana.

**Carpintería:** o marco, es un elemento de cierre que soporta el vidrio, que se ancla en la jamba. La materialidad del marco se encuentra relacionada con la captación de energía a través del sol (Iturriaga Torres, 2008). Los materiales de marcos más utilizados en Cuenca son: aluminio, madera, PVC y hierro.

- Marco de aluminio (Fig. 2.10): material duradero, ligero y fuerte; posee una alta capacidad de conducción del calor y por lo tanto, una alta transmitancia térmica<sup>1</sup>. Una variación de este material es el aluminio aislado, el mismo que ofrece una ruptura térmica ocasionando una disminución del factor U<sup>2</sup>.
- Marco de madera (Fig. 2.11): es un material accesible en cualquier medio, por lo que es el más utilizado en la configuración de marcos de ventana, además, tiene un buen desempeño térmico gracias a su bajo factor U. En la actualidad existen variaciones del material, como es la madera enchapada (Fig. 2.13), la cual recubre la cara exterior del marco para protegerlo de los cambios climáticos, logrando mantener su acabado de madera en el interior. Otra variación es el compuesto híbrido que utiliza una combinación de materiales como revestimiento para evitar el mantenimiento exterior.
- Marco de PVC (Fig. 2.12): es un plástico versátil,

duradero, de alto comportamiento aislante y resistente a la humedad. Al igual que la madera existen variaciones al incorporar material aislante dentro del marco de PVC, conocido como marcos de PVC aislados.

- Marco de hierro: material resistente pero susceptible a la oxidación, anteriormente este material era muy cotizado debido a la existencia de talleres de metalmecánica, sin embargo, no es un buen aislante térmico por lo que su uso ha disminuido con el tiempo.

**Cristal:** es un material noble que permite la interacción del interior con exterior, además de incorporar luz natural y energía solar. Refleja el 8% de la energía, transmite el 80% y el 12% restante lo absorbe para luego irradiar hacia el exterior y hacia el interior (Iturriaga Torres, 2008). Los tipos de vidrio son:

- Vidrio simple, transparente e incoloro posee alta transferencia de energía. Este cristal puede ser transformado en reflectivo, templado, laminado o espejo. Factor U= 5.60
- Vidrio con tinte, reduce las ganancias de calor al impedir el paso de la luz natural. Factor U= 5.60.
- Vidrio reflectivo, se incorporan óxidos metálicos, para reflejar los rayos de sol hacia el exterior.
- Vidrio laminado, es la unión de dos o más hojas de vidrio y entre ellas una o varias películas de PVB (butiral de polivinilo). Esta lámina minimiza el



Figura. 2.10. Perfil de aluminio con vidrio simple. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web <http://www.ventanasmonleon.com/aluminio>.



Figura. 2.11. Perfil de madera con vidrio simple. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web <https://climalit.es/>

<sup>1</sup> Transmisión térmica: flujo de calor que pasa por un elemento, debido a la diferencia de temperaturas entre dos ambientes.

<sup>2</sup> Factor U: unidad de calor que fluye por unidad de tiempo y superficie.



peligro cuando el vidrio se rompe, contribuye a la disminución del ruido y, en menor medida, reduce el paso de rayos UV.

- Vidrio templado, tiene mayor resistencia que el vidrio común, al romperse se fracciona en pedazos no cortantes.
- Doble vidrio, gracias a la cámara de aire que funciona como aislante, la pérdida de energía solar se reduce a la mitad. Factor  $U=2.90$ .

El cristal más común en las viviendas de Cuenca, según manifiestan empresas locales que elaboran ventanas, es el vidrio simple, sin embargo, se empieza a incorporar el uso del doble vidrio en edificaciones actuales.

**Protecciones solares:** Son elementos que restringen el calentamiento excesivo por radiación solar<sup>3</sup> y evitan los focos de deslumbramiento<sup>4</sup> en el campo visual. El objetivo de las protecciones solares es detener parcial o totalmente la radiación solar, cuando la incidencia excesiva de radiación perjudica al confort de los usuarios. En el caso de no contar con protecciones solares para los espacios, el sobrecalentamiento dependerá del tipo de vidrio y el factor solar<sup>5</sup> que posea (Citec UBB, & Decon UC, 2012). Existen tres tipos de protecciones solares:

- Exteriores fijas: la protección que brindan depende de la altura del sol, la posición en la que se encuentren ubicadas con respecto a la ventana, y la relación

entre la longitud que posea y la altura de la ventana; entre las cuales pueden ser aleros horizontales (Fig. 2.14), que permiten detener la radiación solar directa cuando el sol está alto, generando una disminución permanente de la iluminación natural; y celosías (Fig. 2.15) son láminas, en las que su eficiencia depende del tamaño, distanciamiento y orientación; detienen la radiación solar antes que alcance el vidrio, aunque reducen las vistas al exterior permanentemente, situación que no se da con los aleros horizontales.

- Interiores fijas: son aquellas que influyen en el confort visual y térmico de los usuarios, pues, mejoran la distribución de la luz interior y mitigan el calor. Existe gran variedad, aunque desde el punto de vista lumínico las más eficientes son las pantallas difusoras.
- Móviles: se adaptan a la posición del sol y a la necesidad de los ocupantes. Las protecciones móviles pueden estar ubicadas al exterior, interior o entre vidrios. En el caso de que se encuentren en el exterior se deben considerar como parte de la fachada, ya que tienen un impacto significativo. Las protecciones móviles interiores (Fig. 2.16) ofrecen una débil protección contra el sobrecalentamiento a pesar de favorecer al confort visual y estética de los espacios.

En Cuenca los elementos de sombra más comunes son las cortinas y persianas, consideradas como protecciones móviles interiores.

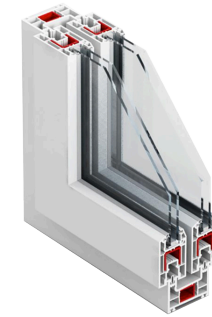


Figura. 2.12. Perfil de PVC con doble vidrio con tinte. Elaboración: Desconocido. Fuente: Plataforma Arquitectura



Figura. 2.13. Perfil de aluminio combinado con marco de madera interior y vidrio simple. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web <http://www.archiexpo.es>.

<sup>3</sup> Radiación solar: Flujo de energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

<sup>4</sup> Deslumbramiento: incomodidad en la visión producida por el contraste de campos visuales con diferente iluminación.

<sup>5</sup> Factor solar (FS): energía térmica que pasa a través del vidrio

### 2.2.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS VENTANAS

**Forma:** Es la condición física de la ventana, es el contorno externo que le define; existen numerosas variedades que dependerá de los métodos constructivos y las diferentes soluciones de diseño arquitectónico. Las más comunes son las rectangulares, cuadradas y redondas. La forma influye en la distribución de la luz, calidad de visuales y en el potencial de ventilación de los espacios interiores. (CEI & IDAE, 2005)

**Proporción, tamaño y amplitud:** Es la relación entre el alto y en ancho, conocido como coeficiente de forma, el mismo que puede clasificar a la ventana en horizontal, con un coeficiente de  $\leq \frac{1}{2}$ ; vertical con coeficiente de  $\geq 2$  e intermedia con coeficiente de  $> \frac{1}{2}$  y  $< 2$ . Incide y determina la cantidad y distribución del flujo luminoso o de aire que ingresa a los espacios. (CEI & IDAE, 2005).

**Sistemas de apertura:** Es el mecanismo que permite las diferentes formas de abrir la ventana. Su elección depende del espacio disponible para lograr abrirla, de las actividades que se llevarán a cabo en el interior y de la capacidad de la ventana para oponerse a infiltraciones de aire (ASOMA, 2017; Climalit, 2015). Los sistemas de apertura más comunes en el medio (Fig. 2.17):

- Fija: No ofrecen apertura; proporcionan iluminación, pero no ventilación. Se utilizan comúnmente en

espacios que tienen otra fuente de ventilación exterior.

- Abatible: Pueden ser de una o dos hojas, realizan un giro sobre un eje lateral vertical; logrando así una apertura total, ocupando mucho espacio al estar abiertas, por lo que se las debe colocar en zonas despejadas. Tiene un cierre hermético, que favorece al aislamiento térmico y acústico.
- Corrediza: Las hojas de la ventana se deslizan de forma horizontal, logrando una apertura que no ocupa espacio adicional al original. Sus desventajas son que su apertura no es total y su cierre no es hermético.
- Proyectable: Su apertura es hacia el exterior teniendo fijación en la parte superior. Ofrecen una apertura parcial dejando que el aire circule libremente.
- Pivotante: estas ventanas giran en torno a un eje central vertical u horizontal; tienen la ventaja de regular la cantidad de ventilación y sonido que entre al espacio.
- Guillotina: Compuesta por dos hojas, la inferior se desliza verticalmente. Su apertura máxima para ventilación es igual a la mitad del área total de la ventana.
- Combinada: Se pueden combinar diferentes tipos de apertura en una ventana, como, por ejemplo: abatible proyectable y fija.

Existen aún más sistemas de apertura, los cuales no son utilizados dentro del sector residencial del área de estudio, por lo tanto, no se mencionan.

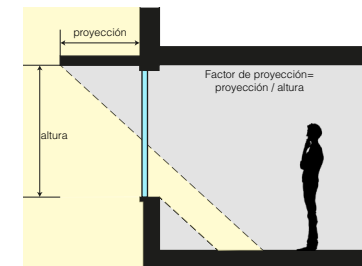


Figura. 2.14. Aleros Horizontales. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Citec UBB & Decon UC, 2012).

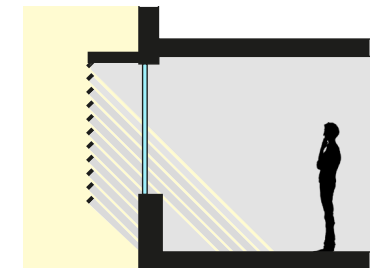


Figura. 2.15. Celosías. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Citec UBB & Decon UC, 2012).

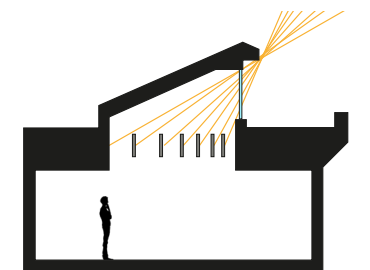
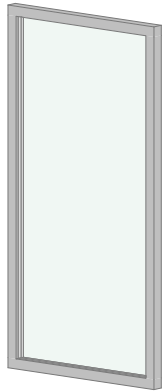
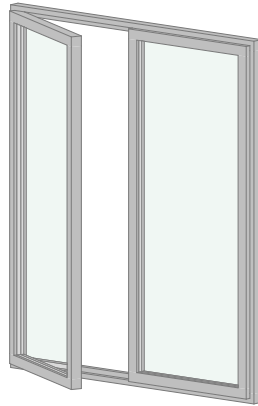


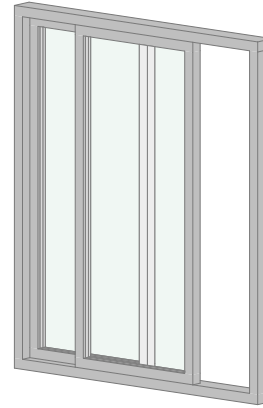
Figura. 2.16. Protecciones Solares Interiores. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Citec UBB & Decon UC, 2012).



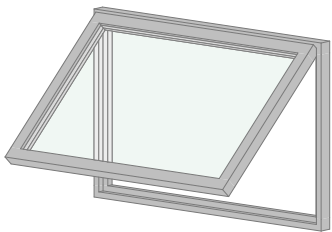
1.- Fija. 0% de àrea de ventilaciòn



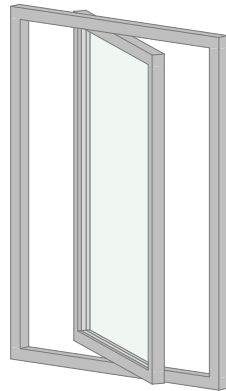
2.- Abatible. 100%  
àrea de ventilaciòn



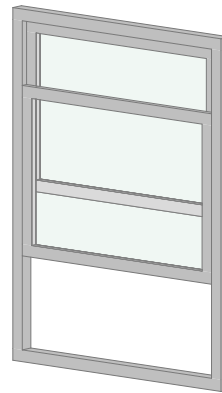
3.- Corrediza. 50%  
àrea de ventilaciòn



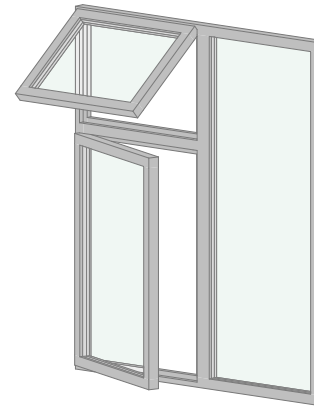
4.- Proyectable. Àrea de ven-  
tilaciòn depende del àngulo de  
apertura



5.- Pivotante. 100%  
àrea de ventilaciòn



6.- Guillotina. 50%  
àrea de ventilaciòn



7.- Combinada. 50%  
àrea de ventilaciòn

Figura. 2.17. Sistemas de Apertura.  
Elaboraciòn: Grupo de tesis. Fuente: (ASOMA,  
2017; Climalit, 2015).



### 2.2.4.3. VARIABLES DE LAS VENTANAS A CONSIDERAR EN EL ESTUDIO

**Orientación:** La orientación es un factor que permite aprovechar los recursos del entorno, principalmente de la radiación solar; sin embargo, los proyectistas pretenden disminuir los costos de urbanización, lotizando de forma que las edificaciones se emplacen indistintamente de la orientación favorable a la región (SERVIU, 2007). El Ecuador, por encontrarse en la línea ecuatorial, las orientaciones este-oeste favorecen la captación solar. Considerando que el sol sale por el este, las fachadas con esta orientación recibirán el sol del día, mientras que, las orientadas al oeste recibirán el sol de la tarde. Las fachadas orientadas norte-sur, al no recibir radiación directa, resulta favorable en climas cálidos; pero, es importante tener presente las pérdidas de calor, por lo que se debe considerar un buen aislante térmico en climas fríos (Cordero & Guillén, 2013).

**Distribución:** La ubicación de las ventanas está determinada por la distribución interior de los espacios, considerando los requerimientos térmicos, de iluminación y ventilación.

**Posición:** La posición de la ventana dependerá de la función a la que está destinada o al espacio en el que se encuentre; existen diferentes tipos de acuerdo a la disposición en la pared (Iturriaga Torres, 2008) (Fig.2.18).

- P1: La posición central a media altura mejora la distribución de luz en el interior.
- P2: La posición a media altura hacia una esquina evita el deslumbramiento, además, en esta posición se puede aprovechar la luz reflejada de la pared adyacente.
- P3: La posición en lo alto del cerramiento permite el ingreso de luz a mayor profundidad, lo que produce mejor distribución en el espacio a iluminar.
- P4: La posición piso-techo permite aumentar el campo visual y favorece la continuidad entre el espacio interior y exterior.

**Materialidad:** La materialidad de las ventanas está dada por los componentes físicos.

Las variables de las ventanas están sujetas a la planificación arquitectónica de la edificación, considerando que tienen gran influencia en el consumo energético de las viviendas. El Instituto para la construcción de los Servicios CIBSE realizó una investigación en siete regiones de Brasil y Reino Unido, determinando que la amplitud de la ventana que asegure la visibilidad es incompatible con la medida para asegurar un menor consumo de energía, considerando también la iluminación natural (Nico-Rodrigues, 2015). Sin embargo, en Cuenca el uso de sistemas artificiales de acondicionamiento es mínimo, por lo que este estudio busca establecer esa relación óptima, de acuerdo con las condiciones climáticas de la ciudad.

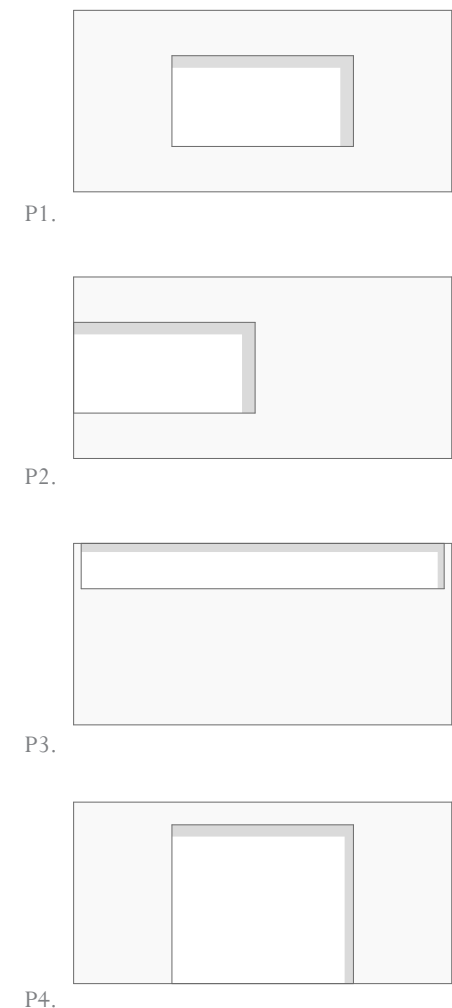


Figura. 2.18. Posición de la Ventana. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Iturriaga Torres, 2008).

## 2.3. ESTRATEGIAS PASIVAS PARA MEJORAR EL CONFORT MEDIANTE LA VENTANA

### 2.3.4. CAPTACIÓN SOLAR

La captación solar es el método que permite aprovechar la energía del sol de manera activa y pasiva. La captación solar activa es aquella que utiliza sistemas mecánicos o eléctricos para procesar dicha energía; por el contrario, la captación pasiva aprovecha la energía a través de la estructura, orientación y un diseño arquitectónico adecuado, siendo esta la manera más económica y eficaz de producir energía térmica. La forma en la que se gana calor a través de esta energía es por la radiación solar, que puede ser de forma directa o indirecta. La radiación solar se mide normalmente en Watios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) (Hernández, 2014).

- Ganancia solar directa: Se produce directamente a través de vanos (Fig. 2.18).
- Ganancia solar indirecta: El sol calienta los elementos expuestos y aumenta así el flujo de calor a través del espesor de ellos (Fig. 2.18).

Una superficie acristalada separa dos ambientes que se encuentran a diferentes temperaturas, por lo que se produce una transferencia de calor según tres modalidades de propagación: conducción, convección y radiación (Iturriaga Torres, 2008).

- Conducción: Transferencia de calor que se transite cuando dos cuerpos están conectados directamente.
- Convección: Transferencia de calor entre una superficie sólida y un flujo líquido gaseoso.
- Radiación: Transferencia de calor entre dos cuerpos que tiene temperaturas distintas, a través de ondas electromagnéticas sin que entre ellos exista contacto o conexión.

La ganancia solar directa, provocada por la ventana, utiliza el efecto invernadero en el que la radiación penetra a través del vidrio, calentando los elementos que se encuentran dispuestos detrás de él. Posteriormente, el vidrio impide que salga la radiación infrarroja captada por los materiales, manteniendo el calor en el espacio interno. Con respecto a la incidencia de la radiación sobre la superficie vidriada, en las zonas climáticas frías debe ser aprovechada; mientras que en las zonas climáticas cálidas se debe utilizar elementos de protección solar (ARQHYS, 2012; Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011; Hernández, 2014).

El desempeño de la ventana se determina a través del comportamiento, de sus componentes y del intercambio de calor. Este intercambio está determinado por la transmisión térmica que depende de la conductividad<sup>6</sup>. La transmisión térmica es inversamente proporcional a la resistencia térmica<sup>7</sup>, a mayor resistencia de los materiales que componen una envolvente, menor es la cantidad de

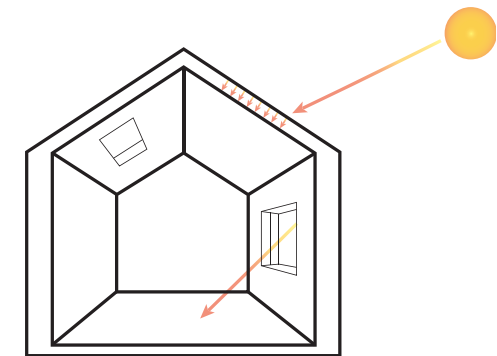


Figura. 2.19. Ganancias de calor directa e indirecta. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Citec UBB & Decon UC, 2012).

<sup>6</sup> Conductividad: cantidad de energía que fluye a través de un material.

<sup>7</sup> Resistencia térmica: indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que lo cede o absorbe.

calor que se pierde a través de ella. Por otro lado, el intercambio de calor por convección, se entiende por el flujo de aire infiltrado por las juntas de unión de la ventana, este puede deberse a las diferencias de temperatura o presión exterior-interior.

El flujo será mayor o menor dependiendo de la hermeticidad en sus componentes, la resistencia de una ventana a las infiltraciones de aire y el tipo de apertura de serán un factor determinante en la capacidad de esta en oponerse a las infiltraciones. Un aspecto determinante es que el traspaso de calor por una ventana está determinado por la transmisión térmica del vidrio, ya que su superficie es mucho mayor que la de su marco, el impacto térmico del marco es relativamente bajo en cuanto a la relación de superficie vidrio/marco (Citec UBB, & Decon UC, 2012).

La transmisión térmica global de la ventana se calcula de manera proporcional a la superficie que ocupa cada uno de los componentes que la forman (Gómez & De Olabarria, s. f.).

$$\text{Transmitancia térmica} = \frac{S.M. \times U_f + S.V. \times U_v}{S.T.V.}$$

Donde:

S.M. = Superficie del marco de la ventana.

$U_f$  = Transmitancia térmica del marco en W/m<sup>2</sup>K

S.V. = Superficie del vidrio de la ventana

$U_v$  = Transmitancia térmica del vidrio en W/m<sup>2</sup>K

S.T.V. = Superficie total de la ventana

Se debe considerar que las puertas y ventanas son un punto sensible de la envolvente, por donde se gana y se pierde calor, esto se debe a los materiales con poca resistencia térmica y alta conductividad. Se recomienda realizar un diseño que interrumpa la continuidad térmica, es decir que rompa el puente térmico<sup>8</sup>.

Esta ruptura consiste en evitar que la cara interior y exterior tengan contacto entre sí, intercalando un mal conductor. Un ejemplo sucede en los perfiles de aluminio, en el que se utiliza un perfil separador de plástico embutido en el propio perfil que conforma la ventana (D'Alençon & Toledo, 2008).

### 2.3.4.3. ESTRATEGIAS DE CAPTACIÓN SOLAR

El manual de “Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas” del INER ubica a la ciudad de Cuenca e la zona climática 3, y establece las siguientes estrategias (Fig. 2.20):

1. Utilizar materiales de alta densidad y calor específico en la envolvente, para que reciban el sol durante el día y lo devuelvan durante la noche.
2. Utilizar cubiertas de agua o con otro material de elevada inercia y sistemas móviles de protección.
3. Utilizar sistemas de ventilación subterráneos para precalentar o refrigerar el aire interior.

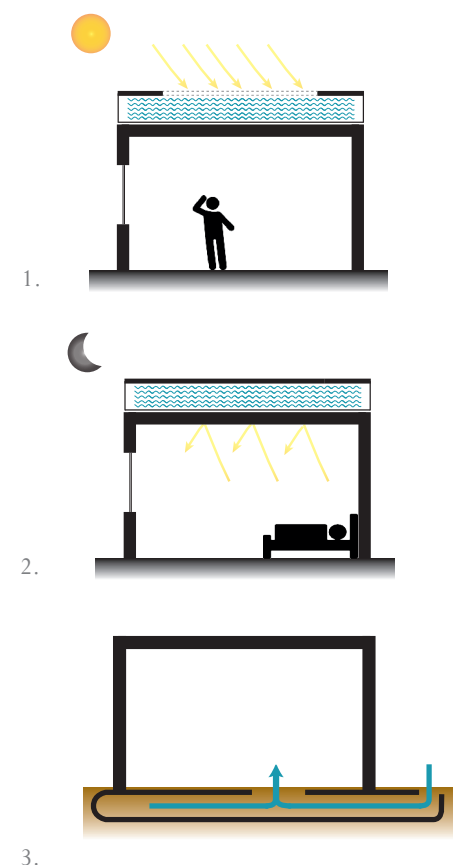


Fig. 2.20. Estrategias de inercia térmica. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INER, 2015).

<sup>8</sup> Puente térmico: zona donde se transmite el calor fácilmente.

El “Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos” de Chile, establece el captar, conservar, almacenar y distribuir como estrategias para el calentamiento pasivo (Fig. 2.21).

**Captar:** La energía solar puede ser captada y transformada en calor, por el edificio. Una de las formas de generar ganancias solares directas, es a través de una adecuada orientación. Además, se debe considerar la correcta ubicación de los espacios, priorizando los espacios de mayor permanencia de este a oeste y los espacios de menor ocupación de norte a sur. Anteriormente, se describió la forma de captación solar directa a través de la ventana, por lo que resulta ser una de las principales estrategias de ganancia de calor directa. Esta no funcionará de la mejor manera si la envolvente del edificio no es hermética, ya que las ventanas y puertas son los puntos más sensibles para pérdidas de calor. Se debe considerar, para captar energía solar, lo siguiente:

- Estimar el tamaño de las superficies vidriadas, considerando los siguientes rangos: en clima frío a templado entre 0,02 y 0,04 m<sup>2</sup> de superficie vidriada por cada m<sup>2</sup> de área a calentar; en un clima moderado a templado entre 0,1 y 0,2 m<sup>2</sup> por cada m<sup>2</sup> de área a calentar.
- Estimar la cantidad de masa térmica necesaria para almacenar el calor captado: se puede considerar

la masa térmica de una losa de 100 a 150 mm de espesor, tres veces el tamaño del área de captación.

**Conservar:** Aislar el edificio para mantener el calor dentro.

**Almacenar:** La masa térmica de las edificaciones, dada por su materialidad, contribuye a almacenar el calor durante el día para emitirlo durante la tarde y noche.

**Distribuir:** El calor captado debe distribuirse de manera uniforme en el interior de la edificación.

Con relación a los porcentajes de muros y de ventanas, se considera que un buen punto de partida es una proporción media del 30% de ventanas; aunque otros aspectos como la orientación y el clima, también deben ser considerados (The European Commission et al., 2007).

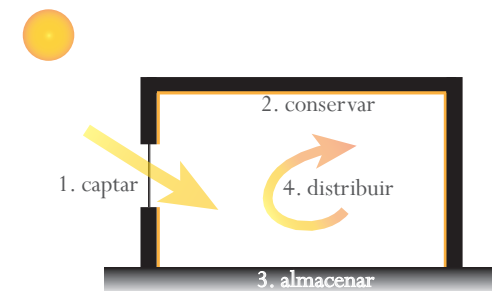


Figura. 2.21. Estrategias de calentamiento pasivo. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Citec UBB & Decon UC, 2012).

## 2.3.5. ILUMINACIÓN NATURAL

La iluminación natural, consiste en la incidencia de luz proveniente del sol, la cual proporciona condiciones de vida más agradables y saludables; considerado un factor central dentro del diseño arquitectónico, el cual busca satisfacer necesidades biológicas, fisiológicas y psicológicas en los usuarios. Además de disminuir el consumo de energía y por lo tanto el daño ambiental. La iluminación natural depende de las condiciones del entorno inmediato (ubicación, tipo de cielo, contaminación, clima, nubosidad, hora del día, etc.) y factores del diseño arquitectónico (emplazamiento, tamaño, orientación y tipo de ventana) (Arredondo & Reyes, 2014).

Los elementos arquitectónicos que permiten el ingreso de luz son las ventanas y los lucernarios; los cuales captan luz directa, indirecta y difusa.

- Luz directa, procedente del sol que incide directamente sobre las superficies.
- Luz indirecta es la reflexión de la luz en las superficies.
- Luz difusa es la que proviene de la bóveda celeste, sin contar con el sol.

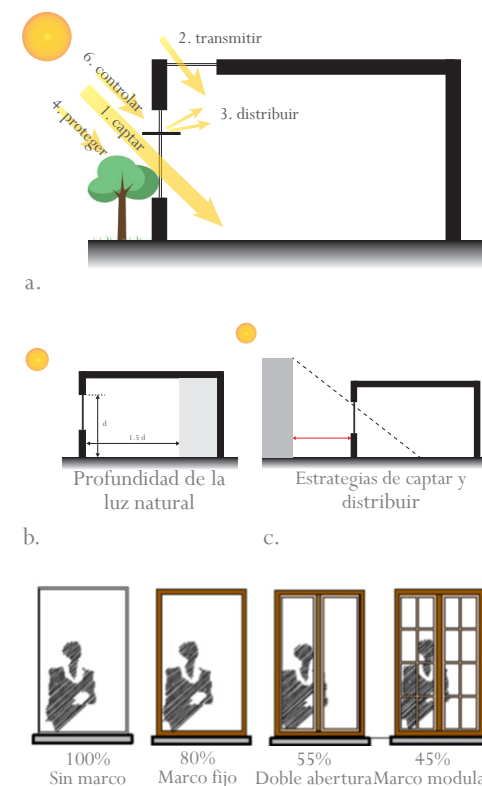
En iluminación natural, las exigencias no se traducen necesariamente en cantidad de lux<sup>9</sup>, sino en valores del factor de luz de día, es el porcentaje de iluminancia<sup>10</sup> exterior que se admite en el interior de una edificación (Envolvente Arquitectónica, 2013).

### 2.3.5.1. ESTRATEGIAS DE ILUMINACIÓN NATURAL

Con el fin de generar una buena iluminación natural se debe tener en cuenta la disposición y proporción de las ventanas, las cuales deben priorizar las vistas hacia el cielo dentro de los espacios. El “Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos” de Chile, establece las siguientes estrategias (The European Commission et al., 2007) (Fig. 2.22).

**Captar:** Absorber la luz solar dentro del edificio, a través del uso correcto de la arquitectura, de su geometría y de los principios de diseño; además de factores como el tipo de cielo, época del año, momento del día, entorno físico de la edificación, orientación de las aberturas y disposición de los elementos de captación. En cuanto al entorno físico de la edificación, se debe tener presente la forma y altura de las construcciones vecinas, debido a que podrían ser un medio de obstrucción de la cantidad de luz que ingrese al local, al igual que la presencia de vegetación.

**Transmitir:** Favorecer el ingreso de luz a través de los elementos arquitectónicos y su geometría. El principal elemento arquitectónico por donde se obtiene luz solar, es la ventana, por lo que su tamaño y forma son esenciales para la cuantificación y calificación de la luz al interior. (Fig. 2.22.b)



d. El marco reduce la superficie vidriada

Fig. 2.22. Estrategias de iluminación. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Citec UBB & Decon UC, 2012).

<sup>9</sup> Lux: unidad estándar de iluminancia de una superficie iluminada.

<sup>10</sup> Iluminancia: Densidad de flujo luminoso en la superficie iluminada. Se mide en lux.



La iluminación natural puede ser:

- Unilateral
- Bilateral
- Multilateral

La iluminación unilateral difunde un límite de iluminación y se establece una regla básica, la profundidad que alcanza la luz natural es 1.5 veces la altura de la ventana en relación con el suelo y puede aumentar a 2 veces al colocar una repisa solar.

La elección del vidrio es un factor importante para valorar en el paso de luz y se debe considerar la transmisión luminosa (TL)<sup>11</sup> y el factor solar (FS)<sup>12</sup>. Factores que varían de acuerdo a las condiciones climáticas del lugar. En cuanto al marco, es importante considerar que, es un elemento que reduce el área de superficie vidriada, y por lo tanto, el ingreso de luz (Fig. 2.22d).

**Distribuir:** Dirigir y transportar los rayos de luz de forma uniforme en el interior. La iluminación puede ser directa o indirecta y puede favorecer su ingreso a través de elementos como repisas o estantes de luz. Un factor clave en la distribución de la luz es la forma y cantidad de ventanas. Se recomienda una sola ventana de mayor tamaño que dos o más de menor tamaño, para evitar generar molestias o incomodidad visual por el resplandor (Lawrance, 2006). Otro aspecto a considerar

son las características de las superficies de los espacios interiores. La elección del material, la textura y color de los muros influyen en la reflexión y distribución de la luz; la capacidad de reflejar la luz se mide por el coeficiente de reflexión basada en una escala de 0 a 100. Cuando las paredes son de color blanco la luz es reflejada totalmente, con un coeficiente de 100; por el contrario, cuando las paredes son de color negro el coeficiente se reduce a 0, debido a que la luz es totalmente absorbida. En la Tabla 2.1 se muestra los valores de reflectancia, según el color de los muros.

COLORES	REFLECTANCIA
Blanco	0.70 - 0.85
Amarillo	0.50 - 0.75
Azul	0.40 - 0.55
Verde	0.45 - 0.65
Rojo	0.30 - 0.50
Marrón	0.30 - 0.40
Gris Oscuro	0.10 - 0.20
Negro	0.03 - 0.07

Tabla. 2.1 Valores de reflectancia de superficies interiores. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Citec UBB & Decon UC, 2012).

**Proteger:** Consiste en detener el paso de luz cuando genera un impacto negativo en el espacio. Aquí se puede considerar protecciones solares sean fijas o móviles.

**Controlar:** La interrelación entre la luz natural y artificial es importante y se debe utilizar de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

<sup>11</sup> Transmisión luminosa (TL): porcentaje de luz natural que deja pasar el cristal.

<sup>12</sup> Factor solar (FS): energía térmica que pasa a través del vidrio.

### 2.3.6. VENTILACIÓN NATURAL

El movimiento del aire es el fenómeno que provoca la ventilación natural; es indispensable el control o restricción en climas fríos, así como la captación en climas calurosos. Existen dos categorías para evaluar la ventilación natural, una de las cuales se centra en los requisitos como la calidad del aire interior y el confort térmico; mientras que el otro enfatiza los efectos de la ventilación natural, como el ahorro de consumo de energía y la tasa de cambio de aire. El presente estudio se enfoca en los requisitos de la ventilación natural (Wang & Malkawi, 2019).

La ventilación natural es el resultado de tres principios: la fricción, ya que la velocidad del viento es menor cerca de la superficie; la inercia, la dirección del aire es la misma cuando se enfrenta a un obstáculo, y la diferencia de presión, el aire fluye de zonas de alta presión a zonas de baja presión (D'Alençon & Toledo, 2008; Nico-Rodrigues, 2015; Rocchio, 2014). El emplazamiento de los edificios y la distancia entre ellos es el principal factor que interfiere con el flujo del aire y las diferencias de presión a través de estos (Fig. 2.23):

a) Edificios implantados de manera escalonada, con la cara principal perpendicular a los vientos predominante.

b) Edificios implantados como se encuentran comúnmente en el área urbana.

c) Edificios implantados oblicuamente a la dirección del viento.

La ventilación natural en el interior de las edificaciones que caracteriza por el ingreso del flujo de aire a través de aperturas como ventanas y puertas; además, existen elementos arquitectónicos que son esenciales cuando existe la necesidad de dirigir, filtrar o desviar la ventilación. Los elementos más comunes son aleros, muros, vegetación, y algunos componentes de las ventanas como persianas o dispositivos de sombra que ayudan a redirigir el aire, así como también la protección de la radiación solar. Estos componentes son importantes para favorecer la ventilación en ambientes con una sola abertura al exterior; cuando existe más de una abertura (Nico-Rodrigues, 2015).

Los cambios de aire, provocados por la ventilación natural, son importantes para proporcionar comodidad y calidad del aire en el interior, siempre y cuando el flujo de aire este bajo el control de los usuarios; por el contrario, cuando no se tiene el control del paso del aire se define como infiltraciones, que se puede dar a través de grietas y aberturas no previstas en la envolvente (Citec UBB, 2013).

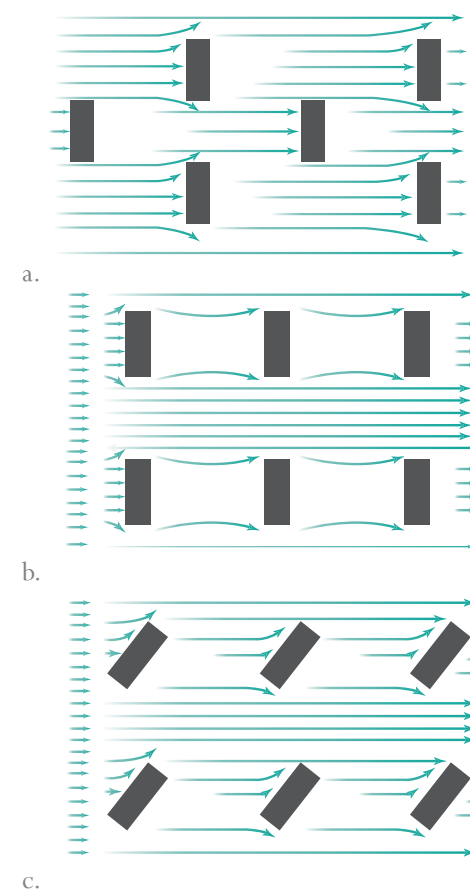


Figura. 2.23. El flujo del viento en las proximidades de los edificios. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Nico-Rodrigues, 2015).



### 2.3.6.1. ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN NATURAL

Un buen diseño arquitectónico debe proporcionar una ventilación natural eficiente, que permita generar renovaciones de aire y disminuir el sobrecalentamiento. Existen dos tipos de ventilación natural, dependiendo de la cantidad de aberturas en un espacio; la ventilación directa, la cual utiliza la misma abertura para entrada y salida del aire; y la ventilación cruzada que posee dos o más aberturas en diferentes fachadas y a diferente altura (Vilssa, 2013).

Se debe considerar que, para espacios que utilicen la ventilación directa la profundidad debe ser máximo de dos veces la altura del espacio; mientras que, cuando se utiliza ventilación cruzada la distancia de fachada a fachada no debe ser superior a cinco veces la altura del espacio interior, como se observa en la Figura 2.24 (The European Commission et al., 2007).

En la ventilación cruzada, el aire de mayor temperatura es remplazado por uno de menor temperatura gracias al flujo que se produce; la temperatura del exterior debe ser al menos 2°C menor a la interior para que se produzca la sensación de disminución de temperatura. (Citec UBB, & Decon UC, 2012; D'Alençon & Toledo, 2008; Nico-Rodrigues, 2015). Esta situación es lo más favorable para la ventilación cruzada, sin embargo, se debe considerar las condiciones climáticas del entorno, dado que en

climas cálidos la temperatura exterior puede superar a la interior.

Cabe agregar que, la mejor distribución de aire se consigue cuando las aberturas se enfrentan y no existe ninguna división interna entre ellas, cuando las ventanas son del mismo tamaño y se encuentran opuestas en la misma dirección producen mayor velocidad del viento; mientras que si están distanciadas producen una ventilación más eficiente. Si la dirección del viento es oblicua, se reduce la velocidad, produciendo una ventilación más eficaz (Fig. 2.25). Al cambiar la ubicación de las aberturas, en altura, se consigue un efecto de chimenea, en el que el aire frío baja y el aire caliente sube (Fig. 2.26) (Nico-Rodrigues, 2015; Rocchio, 2014).

Según las “Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas” del INER, se debe aplicar las siguientes estrategias en lo que respecta a ventilación natural (Fig. 2.27):

1. Usar ventanas que maximicen el flujo de aire: diseñar edificaciones con ventanas grandes, así se asegura el flujo de aire continuo dentro de la edificación.
2. Permitir la ventilación cruzada: ubicar ventanas de suministro y extracción de aire en fachadas opuestas de la vivienda.
3. Orientar la fachada de mayor longitud en la dirección del viento predominante: al orientar la fachada

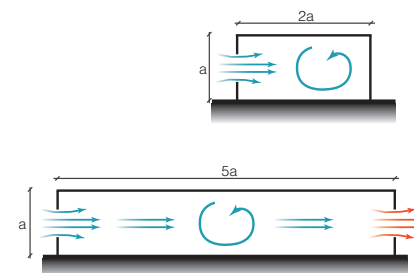


Figura.2.24. Proporción adecuada para una ventilación eficiente. Grupo de tesis. Fuente: (The European Commission et al., 2007).

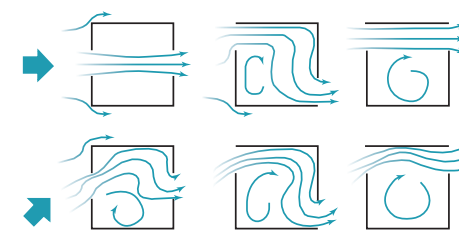


Figura. 2.25. Distribución del flujo de viento de acuerdo con la ubicación de las aberturas. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Nico-Rodrigues, 2015).

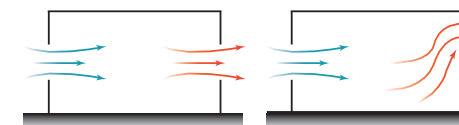


Fig. 2.26. Efecto Chimenea. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Nico-Rodrigues, 2015).



perpendicularmente hacia las brisas predominantes del viento, se obtiene una mayor eficiencia de renovación de aire.

4. Orientar las ventanas en la dirección del viento predominante: se recomienda orientar la fachada donde existen ventanas, en dirección perpendicular a la dirección predominante del viento.

## 2.4. NORMATIVA

### 2.4.4. NORMATIVA NACIONAL

#### 2.4.4.1. INEN 11-52 ILUMINACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS

Esta normativa establece condiciones generales con respecto a la iluminación natural en viviendas, escuelas, oficinas, etc.; la misma que determina los niveles mínimos de iluminación (lux) y del factor luz día al nivel del plano de trabajo. Una correcta iluminación proporciona una óptima visión. Existen requisitos generales de iluminación natural; la disposición de iluminación exterior determina el factor de luz que debe mantenerse en los espacios interiores. A continuación, se presentan en la Tabla 2.2. el porcentaje factor luz natural mínimo para espacios interiores de las viviendas.

REQUISITOS DE LUZ NATURAL		
Ambiente (Vivienda)	Porcentaje Factor Luz Día (FLD)	Lux
Sala	0.625	≥300
Dormitorio	0.313	
Estudio	1.9	
Cocina	2.5	
Circulaciones	0.313	

Tabla. 2.2. Iluminación Natural en Edificios. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INEN, 1984).

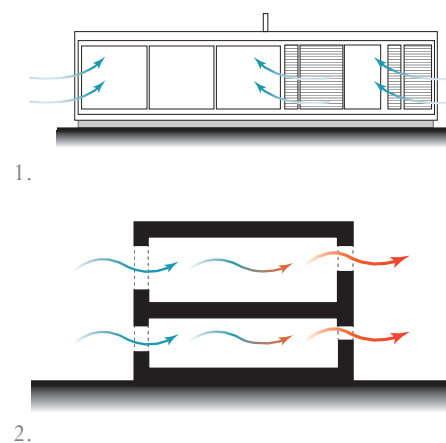


Figura. 2.27. Estrategias de Ventilación natural. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INER, 2015).



#### 2.4.4.2. INEN 11-26 VENTILACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS

Esta normativa establece requisitos mínimos para la ventilación natural en viviendas y edificios; con el fin de controlar los olores y mantener un ambiente confortable dentro de los espacios. La ventilación natural se da a través de puertas y ventanas, depende de la dirección, velocidad del viento, del tamaño y posición de las ventanas. En la Tabla. 2.3 se muestran las recomendaciones para las renovaciones de aire y mínimo de aire puro en los locales.

MINIMO DE AIRE PURO - RENOVACIONES POR HORA

Tipo de Local (Vivienda)	Min aire fresco (m3/h)	Renovaciones por hora (rev/h)
Comedor con 9m3 o menos / per	20	1 a 1,5
Comedor con 9 a 12m3 / per	17	1 a 1,5
Comedor con mas de 12m3 / per	11	1 a 1,5
Dormitorio con una cama		1
Dormitorio con dos camas		1 a 1,5
Dormitorio con 3 o 4 camas		1,5 a 2
Sala de 3 a 6m3/persona	28	
Sala de 6 a 9m3/persona	20	
Sala de 9 a 12m3/persona	17	
Sala de 12m3 o mas persona	11	

Tabla. 2.3. Ventilación Natural de Edificios. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INEN, 1984).

#### 2.4.4.3. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-HD-VIDRIO)

Esta norma establece requisitos y características para la aplicación del vidrio en la construcción; considera los diferentes sistemas de acristalamientos, en correspondencia con el material y las características de la estructura portante.

##### Características de los vidrios

- Estanquidad al agua: es la propiedad que impide la entrada de agua en zonas no deseables o previstas. Esta característica depende de la velocidad de viento y del índice de precipitación de la zona climática.
- Permeabilidad del aire: se la define como la infiltración de aire a través de las juntas del elemento de carpintería o fachada, se da debido a las diferencias de presión entre el interior y el exterior.

##### Clasificación de los vidrios

- Proceso de fabricación: son aquellos que además de pasar por el horno de fundición; pueden ser prensados, estirados, grabados por rodillos o hasta se puede incorporar una malla durante su fabricación.
- Visibilidad: existen dos tipos de vidrio, el transparente que permite la visibilidad de un lado a otro; y el translucido que no permite la visibilidad o distorsiona a los objetos que se aprecian a través del elemento.

- Coloración: los vidrios de color cuentan con excelentes propiedades de control solar. El vidrio incoloro permite una visibilidad entre 75% y 92% dependiendo del espesor; mientras que el vidrio colorado en su masa da una visibilidad menor a 83%, dependiendo del color y del espesor.
- Vidrios procesados: estos vidrios son el resultado de un proceso de la industria transformadora, la misma que utiliza el vidrio como materia prima básica. Entre los cuales se encuentran: vidrio templado, laminado, reflectivo, cámara, espejo, entre otros.

### Propiedades térmicas y solares

Existen ganancias de calor cuando la temperatura interior es más baja que la exterior; pero, si la temperatura exterior es más baja que la interior, habrá pérdidas de calor. Los valores de ganancia o pérdida se pueden hallar multiplicando el valor U por la diferencia de temperatura interior y exterior. El valor U que ofrece el vidrio al paso de calor, no varía de forma apreciable con respecto su espesor si lo comparamos con espesores de otros materiales de construcción. El coeficiente U de un vidrio incoloro, de color o reflectivo de 4 a 10mm tendrá un valor de 5.6W/m<sup>2</sup>K; mientras que, dos hojas de vidrio con espesores entre 6 a 12mm, separadas con una cámara de aire, el valor U se reduce a 2.9W/m<sup>2</sup>K. Los vidrios especiales y con doble cámara de aire, pueden reducir el valor U hasta 0.7W/m<sup>2</sup>K.

## 2.4.5. NORMATIVA LOCAL

### 2.4.5.1. ORDENANZA QUE SANCIONA EL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN CUENCA: DETERMINACIONES PARA EL USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO URBANO.

**Art. 83.-** A fin de garantizar adecuadas condiciones de habitabilidad, seguridad y confort de las edificaciones y predios de la Ciudad y el Cantón, todos los proyectos de arquitectura públicos y privados se sujetarán a las Normas de Arquitectura de la Ordenanza en el Anexo N°11.

Áreas de iluminación y ventilación en locales habitables<sup>13</sup>  
Todo local habitable tendrá iluminación y ventilación por medio de vanos que permitan recibir aire y luz directamente desde el exterior.

- El área total de ventanas para iluminación será como mínimo el 15% del área de piso del local.
- El área total de ventanas, destinadas para ventilación será como mínimo 5% de la superficie de piso del local (porcentaje incluido dentro del área de iluminación dada)

Áreas de iluminación y ventilación en locales no habitables  
Para los locales no habitables<sup>14</sup> no se considera indispensable iluminación y ventilación natural, pudiendo

<sup>13</sup> Local Habitable: se consideran los que estén destinados a salas, comedores, dormitorios, salas de estar, estudio y oficinas.

<sup>14</sup> Local no Habitable: se consideran los que estén destinados a cocinas, cuartos de baño, de lavar, planchar, despensas, repostería, vestidores, cajas de escaleras, vestíbulos, pasillos y similares.



realizarse de manera artificial o a través de otros locales; pero deben cumplir con lo estipulado en lo relacionado a dimensiones mínimas.

- Locales viciados: En los locales habitables que se vicie el aire por causas distintas de respiración, se preverá un volumen de aire no inferior 10m<sup>3</sup> por persona; caso contrario se colocarán sistemas mecánicos de renovación de aire.

## 2.4.6. ESTÁNDARES LOCALES

### 2.4.6.1. ESTÁNDARES DE CONFORT

En este orden de ideas se evalúan investigaciones realizadas en Cuenca, que abarquen parámetros similares a los de la normativa. La investigación de Quesada & Bustillos, (2018) presenta resultados que pueden contribuir con este estudio; los estándares definen los niveles de confort de los ambientes interiores de las viviendas urbanas de la ciudad de Cuenca, la investigación consideró las variables ambientales de temperatura, rayos naturales y calidad de aire.

La importancia de este estudio radica en que utilizaron un método mixto de correlación, entre percepciones subjetivas (encuestas de percepción a usuarios de 280 viviendas) y mediciones físicas (mediciones in situ en 8 viviendas). Por ejemplo, para temperatura, aplicando

el modelo de confort adaptativo, establecieron un rango entre 16.62 °C y 23.62 °C para un 20% de PPD. Los resultados se presentan a continuación en la Tabla. 2.4.

ASPECTO	U	VALOR
Temperatura de confort (Tn)	°C	20.12
Gama de confort 20% PPD	°C	16,62 - 23,62
Gama de confort 10% PPD	°C	17,62 - 22,62
Humedad Relativa (HR)	%	40 -65
Concentración de CO <sub>2</sub>	ppm	614.25
Factor luz del día (Sala de estar)	%	≥5
Factor luz día (Dormitorio Principal)	%	≥4
Nivel de iluminación	lux	≥300

Tabla. 2.4. Estándares de Confort en Ambientes Interiores. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Quesada & Bustillos, 2018).

### 2.4.7. RESUMEN DE LA NORMATIVA

En la Tabla 2.5. se muestra un resumen comparativo entre la normativa nacional, local y los estándares locales, de los diferentes tipos de confort que intervienen en este estudio. Es notable la carencia de datos con respecto al confort térmico en la normativa nacional y local, sin embargo los estándares locales presentan rangos de confort para las condiciones climáticas de la ciudad; con respecto al confort lumínico, se puede observar que los

valores establecidos de FLD difieren considerablemente, la normativa nacional establece valores que no superan el 1%, por el contrario, los estándares locales presentan valores superiores al 4%. Cabe agregar que esta misma investigación demuestra que los usuarios de las viviendas no se sienten satisfechos con la iluminación, por lo que los valores establecidos por el INER resultan ser inadecuados. En cuanto a la calidad de aire, la norma INEN es la única que cuenta con valores para medir la renovaciones de aire, pues, los estándares hacen referencia a las concentraciones de CO<sub>2</sub> en los ambientes interiores.

En lo que se refiere al POT, únicamente establece porcentajes de superficie vidriada, para iluminación y ventilación.

FACTORES DE CONFORT AMBIENTAL	NORMATIVA		
	INEN	POT	ESTÁNDARES LOCALES (Cuenca)
Confort Térmico	–	–	•16,62° - 23,62° (80% de aceptabilidad) •17,62° - 22,62° (90% de aceptabilidad)
Confort Luminico	FLD: • Sala ≥ 0,625% • Dormitorio ≥ 0,313% LUX: ≥ 300 lux	Ventanas 15% área del piso del local	FLD: • Sala ≥ 5% • Dormitorio ≥ 4% LUX: ≥ 300 lux
Calidad del Aire	rev/h: • Sala: 1 - 1,5 • Dormitorio: 1	Ventanas 5% área del piso del local. 10 lit/s	Concentraciones de CO <sub>2</sub> ppm 614,25

Tabla. 2.5. Resumen del Marco Normativo. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INEN, 1984; Quesada & Bustillos, 2018).

En síntesis, se puede decir que el enfoque teórico abarcó los aspectos fundamentales para el desarrollo de este trabajo de investigación; conocer la funcionalidad, los componentes, las características y las variables de las ventanas es de mucha importancia, pues cada uno de estos aspectos serán considerados, tanto para la obtención de la tipología de ventana de la ciudad, así como también más adelante durante las simulaciones. Por su parte, las estrategias serán consideradas durante la etapa de simulación, pues cada una de ellas serán de vital importancia para lograr mejorar las condiciones interiores de los casos de estudio. Considerando el estado de arte, es posible afirmar que la definición de un tipo de ventana inadecuada, en relación a las condiciones climáticas de un lugar, produce ineficiencia con respecto al confort de los usuarios dentro de un espacio.

Es importante mencionar que, para la evaluación del desempeño se considerarán los valores de acuerdo al análisis comparativo; para el confort térmico y lumínico los estándares locales y para la calidad del aire la normativa INEN 11-26. Por otra parte, los porcentajes de superficie vidriada se tomarán del POT, para entender si las viviendas cumplen con esa normativa y si ese porcentaje permite cumplir los estándares de iluminación y ventilación óptimos para los espacios de la vivienda.



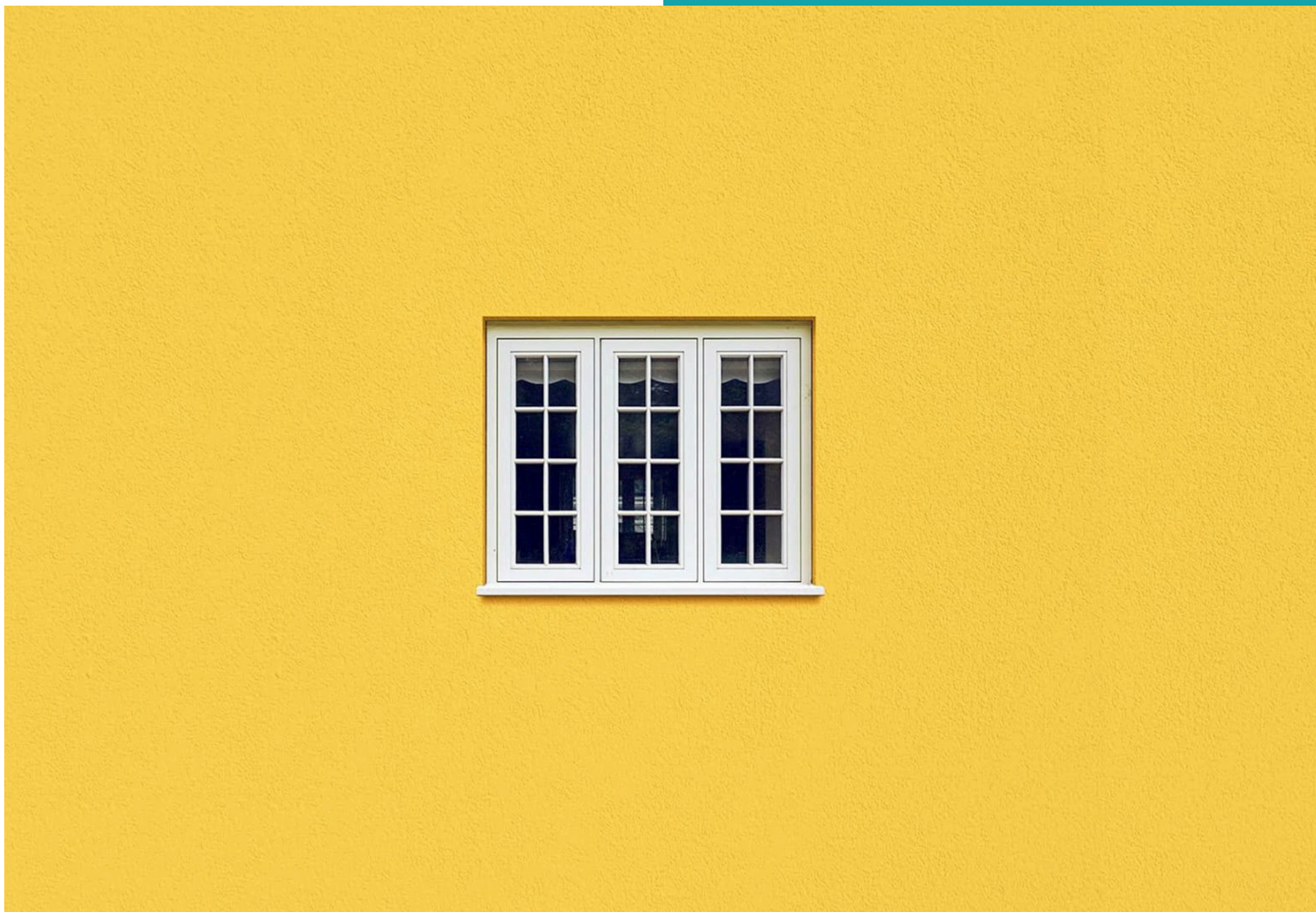


Figura. 3.1. Ventana amarilla. Elaboración y Fuente: (Cirillo, 2018)





# TIPOLOGÍA DE VENTANA

“La vivienda es el principal instrumento que nos permite satisfacer las exigencias de confort adecuadas. Modifica el entorno natural y nos aproxima a las condiciones óptimas de habitabilidad”

(Guimarães, 2008)



Es primordial identificar la situación actual de la ciudad, con respecto a las viviendas unifamiliares y sus ventanas. A partir de la muestra global establecida de 6 casos de estudio, se caracterizaron cada una de sus ventanas, logrando identificar la muestra específica con un total de 97 ventanas; lo que contribuyó a obtener la ventana típica de Cuenca. Definir la tipología fue un punto de partida en la investigación, para lograr precisar los atributos de la ventana que se utiliza en el medio; con el fin de realizar un posterior análisis de su comportamiento.

### 3.1. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

La ciudad de Cuenca es la capital de la provincia del Azuay, localizada geográficamente al sur del Ecuador, en un valle de la cordillera de los Andes. Se ubica entre la latitud: 2° 53' 57" sur y longitud 79° 00' 55" oeste; a una altitud aproximada de 2583 msnm. El área urbana está conformada por 15 parroquias, correspondiente a la ubicación de la muestra.

### 3.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

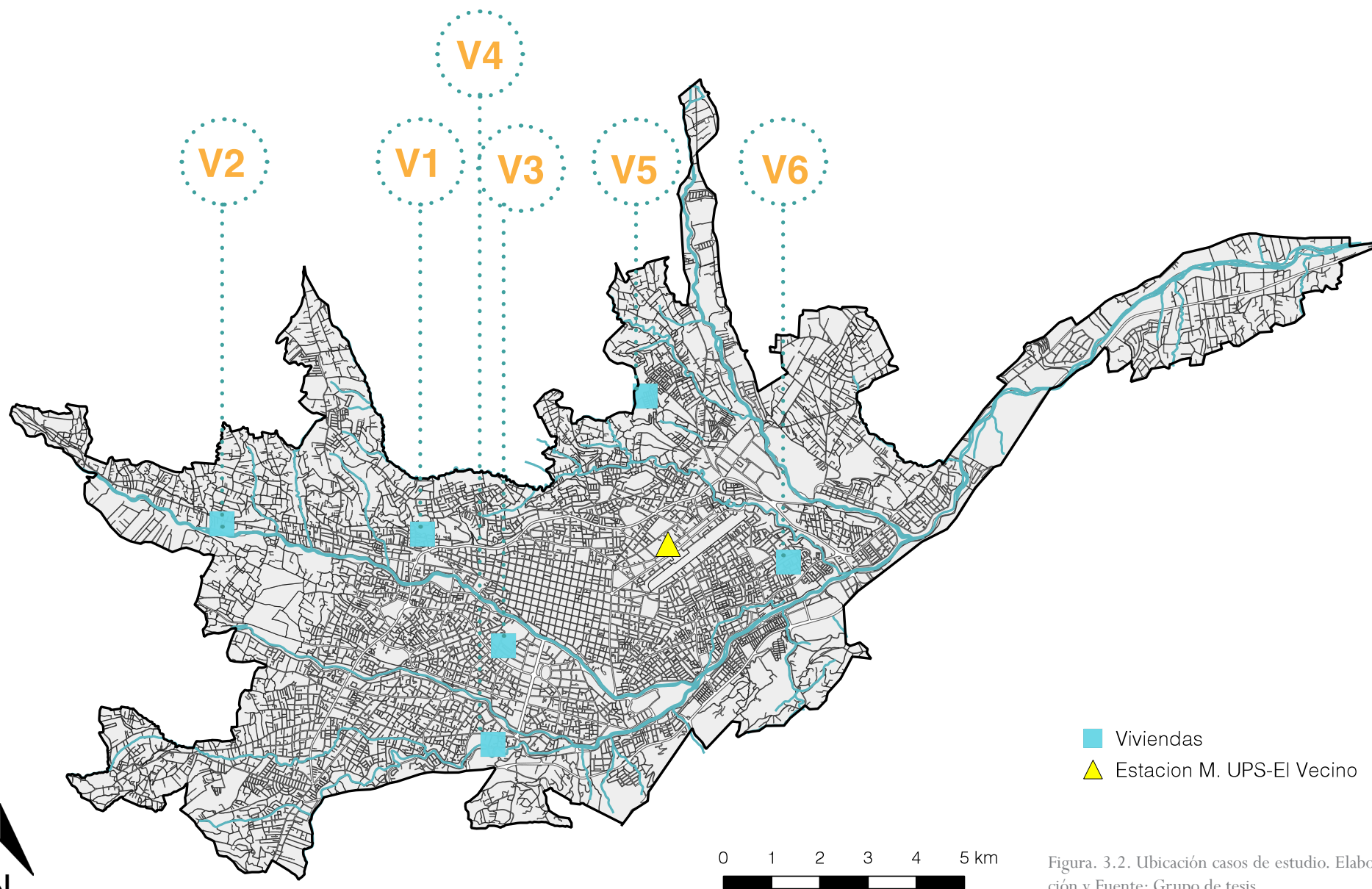
La muestra global establecida para este estudio se obtuvo del proyecto de investigación "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de la Vivienda" (Quesada M. et al., 2018). El proyecto seleccionó las viviendas como casos representativos de la ciudad, bajo los siguientes criterios: dispersión geográfica (Fig. 3.2), implantación, tipología constructiva, perfil socioeconómico de la familia y predisposición de los usuarios a colaborar con el estudio (Quesada & Bustillos, 2018).

Se cotejaron las características de las viviendas seleccionadas por el proyecto de investigación, con los datos del INEC de Cuenca; el cual resume lo siguiente: la tipología de vivienda unifamiliar representa el 70% de las viviendas, la tipología constructiva son viviendas con estructura de concreto y paredes de ladrillo, de dos pisos y cubierta inclinada; y la implantación, se estima que el 80% de edificaciones son adosadas (INEC, 2010).

### 3.3. CASOS DE ESTUDIO

El número de casos de estudio fueron seleccionados a partir de investigaciones que demuestran que hasta con un solo caso se obtienen resultados significativos, como el de Taleb & Sharples, (2011) que evalúa el consumo de energía en las viviendas; el de Laverge, Van Den Bossche, Heijmans, & Janssens, (2011) que estudia la calidad del aire interior; y el de Dili, Naseer, & Varghese, (2010) que evalúa un sistema de control de entorno pasivo para un ambiente interior confortable. Sin embargo, según Brunsgaard, Heiselberg, Knudstrup, & Larsen, (2012) menciona que con un tamaño de muestra mínimo de tres viviendas se obtienen resultados óptimos. Ahora bien, estudios relacionados con el confort interior han utilizado un mayor número de casos de estudio, como Molina & Veas, (2012) que evalúan el confort térmico en 10 edificios públicos de Chile, y también Trebilcock, Soto-Muñoz, Yañez, & Figueroa-San Martín, (2017) que estudia el confort en 12 escuelas primarias de Chile.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, en el presente trabajo de investigación se seleccionaron 6 viviendas unifamiliares del proyecto "Método de Certificación de la Construcción Sustentable de la Vivienda" (Quesada M. et al., 2018); las mismas que serán evaluadas, para analizar el desempeño de la ventana en los espacios interiores.



- Viviendas
- ▲ Estacion M. UPS-El Vecino

Figura. 3.2. Ubicación casos de estudio. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

### 3.3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

#### DESCRIPCIÓN

Ubicación: Calle Del Apio s/n y Guabisay  
Sector: Las Pencas  
Área del terreno: 201.67 m<sup>2</sup>  
Área de construcción: 346.16 m<sup>2</sup>  
Edad de la vivienda: -10 años

#### MATERIALES PREDOMINANTES

Paredes: Ladrillo enlucido  
Piso: Piso flotante, cerámica  
Carpintería: Vidrio, aluminio y madera  
Cubierta: Fibrocemento, teja y vidrio

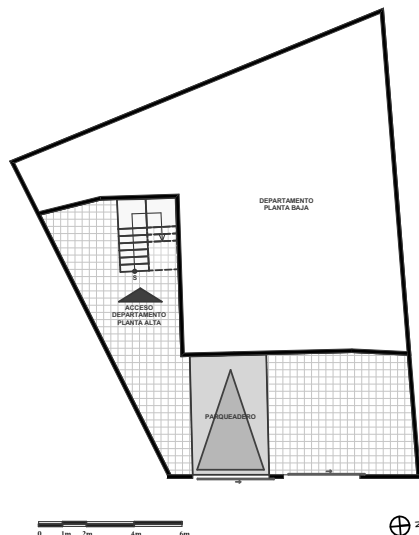
#### UBICACIÓN



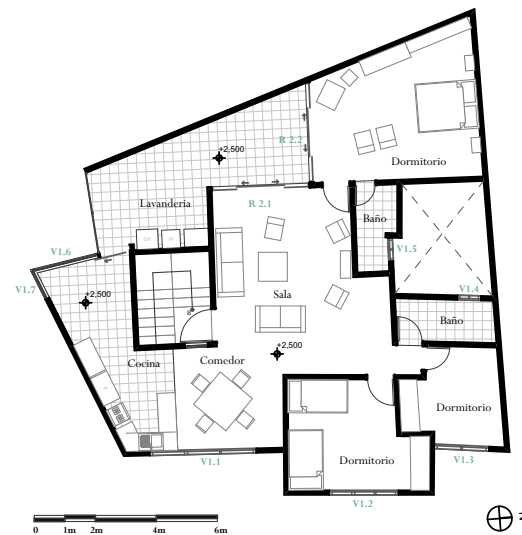
#### FOTO



#### PLANTA BAJA



#### PLANTA ALTA



#### ELEVACIÓN FRONTAL

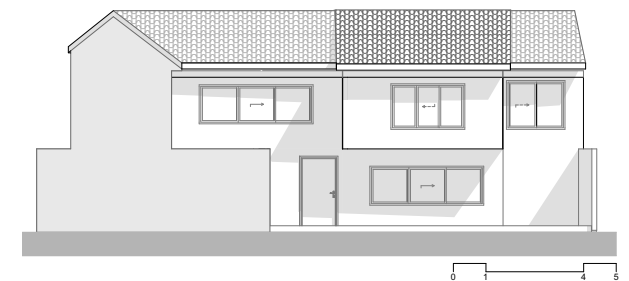


Tabla. 3.1. Descripción Vivienda 1. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



### DESCRIPCIÓN

Ubicación: Av. Ordoñez Lasso en la Urbanización Río Amarillo. Casa 6  
Sector: Río Amarillo  
Área del terreno: 1248 m<sup>2</sup>  
Área de construcción: 499.73 m<sup>2</sup>  
Edad de la vivienda: +10 años

### MATERIALES PREDOMINANTES

Paredes: Ladrillo enlucido  
Piso: Piso flotante, cerámica  
Carpintería: Vidrio, aluminio y madera  
Cubierta: Madera y teja

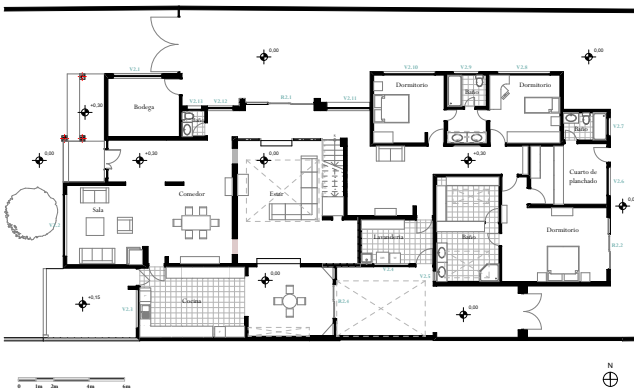
### UBICACIÓN



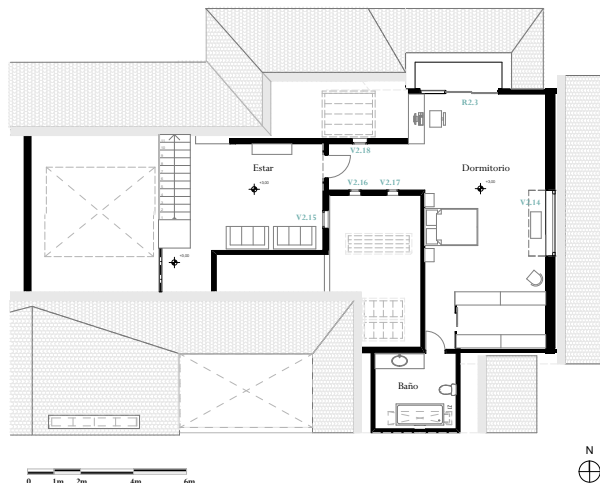
### FOTO



### PLANTA BAJA



### PLANTA ALTA



### ELEVACIÓN FRONTAL



Tabla. 3.2. Descripción Vivienda 2. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



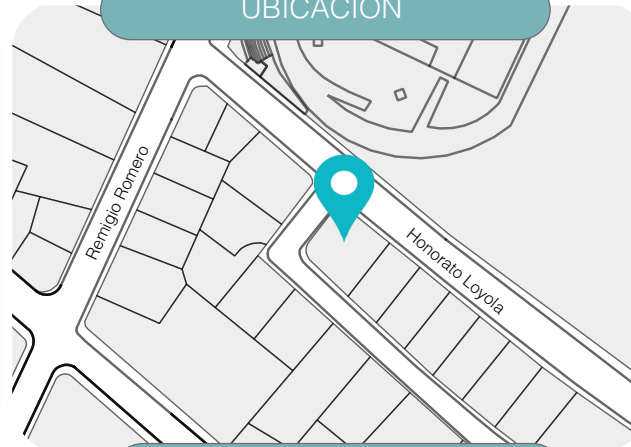
## DESCRIPCIÓN

Ubicación: Calle Honorato Loyola 3-155  
Sector: Universidad de Cuenca  
Área del terreno: 402.45 m<sup>2</sup>  
Área de construcción: 282.05 m<sup>2</sup>  
Edad de la vivienda: +10 años

### MATERIALES PREDOMINANTES

Paredes: Ladrillo enlucido  
Piso: Madera, cerámica  
Carpintería: Vidrio y hierro  
Cubierta: Madera, teja cerámica

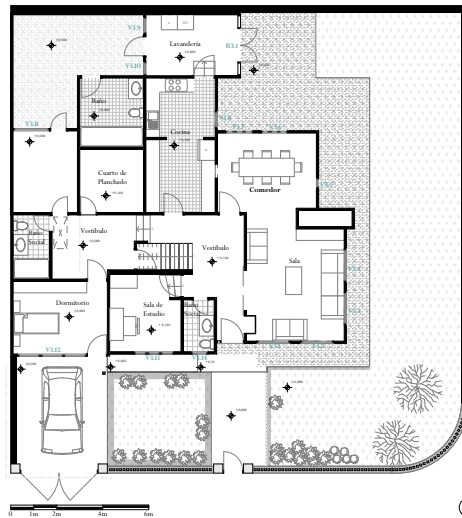
## UBICACIÓN



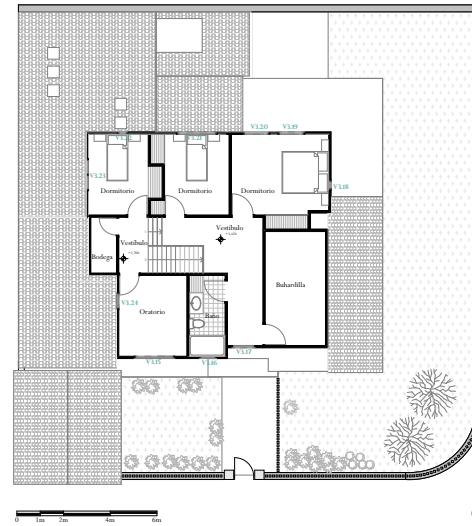
## FOTO



## PLANTA BAJA



## PLANTA ALTA



## ELEVACIÓN FRONTAL

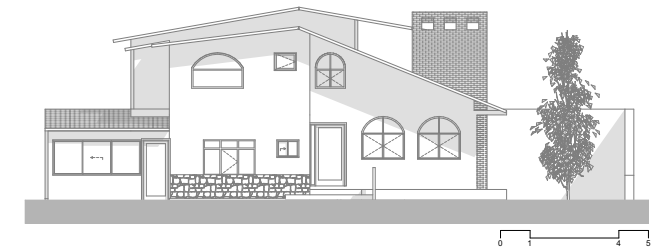


Tabla. 3.3. Descripción Vivienda 3. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



### DESCRIPCIÓN

Ubicación: Calle de retorno y Diego de Velázquez  
Sector: Don Bosco  
Área del terreno: 657.36 m<sup>2</sup>  
Área de construcción: 323.70 m<sup>2</sup>  
Edad de la vivienda: +10 años

### MATERIALES PREDOMINANTES

Paredes: Ladrillo visto y enlucido  
Piso: Piso flotante, cerámica  
Carpintería: Vidrio y madera  
Cubierta: Acero y teja

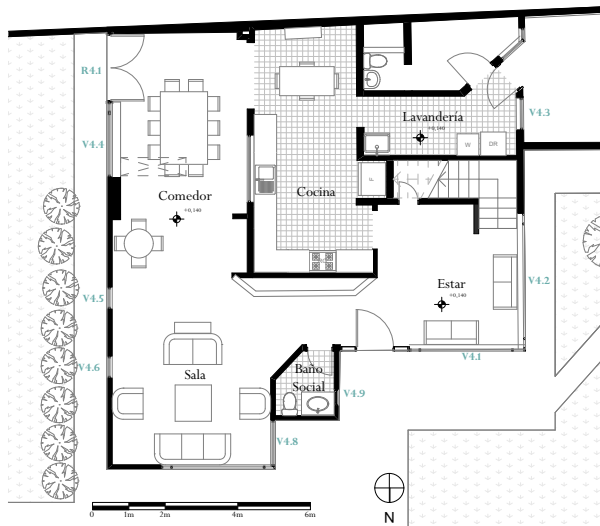
### UBICACIÓN



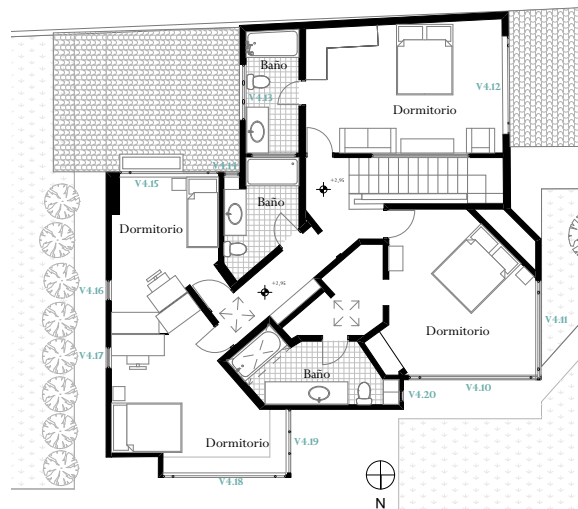
### FOTO



### PLANTA BAJA



### PLANTA ALTA



### ELEVACIÓN FRONTAL



Tabla. 3.4. Descripción Vivienda 4. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

### DESCRIPCIÓN

Ubicación: Calle Tomás Clavo del Curto  
Sector: Los Triguales  
Área del terreno: 93.29 m<sup>2</sup>  
Área de construcción: 100.1 m<sup>2</sup>  
Edad de la vivienda: +10 años

### MATERIALES PREDOMINANTES

Paredes: Ladrillo visto  
Piso: Ladrillo y madera  
Carpintería: Vidrio, hierro y madera  
Cubierta: Fibrocemento y acero

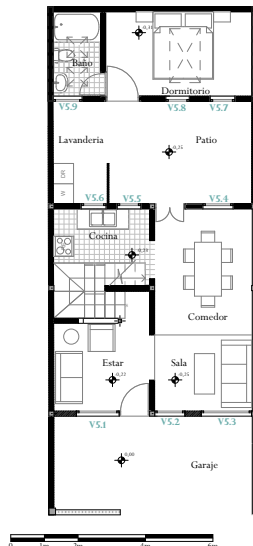
### UBICACIÓN



### FOTO



### PLANTA BAJA



### PLANTA ALTA



### ELEVACIÓN FRONTAL

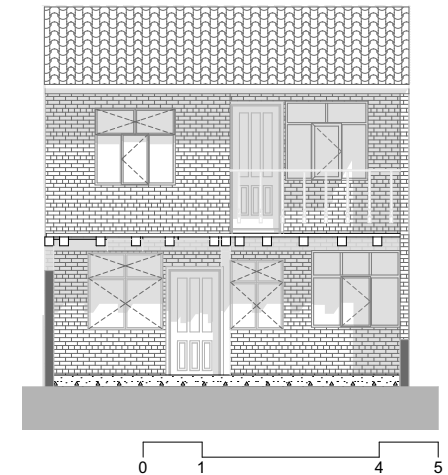


Tabla. 3.5. Descripción Vivienda 5. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



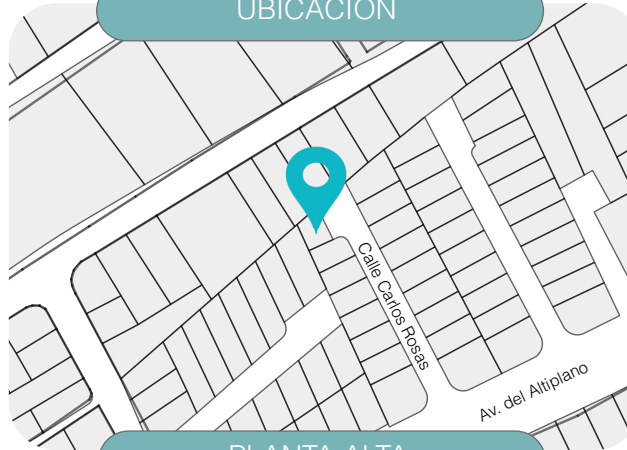
### DESCRIPCIÓN

Ubicación: Calles Carlos Rosas y Av. Altiplano  
Sector: Totorocacha  
Área del terreno: 123.08 m<sup>2</sup>  
Área de construcción: 165.51 m<sup>2</sup>  
Edad de la vivienda: +10 años

#### MATERIALES PREDOMINANTES

Paredes: Ladrillo enlucido  
Piso: Cerámica  
Carpintería: Vidrio y hierro  
Cubierta: Acero y fibrocemento

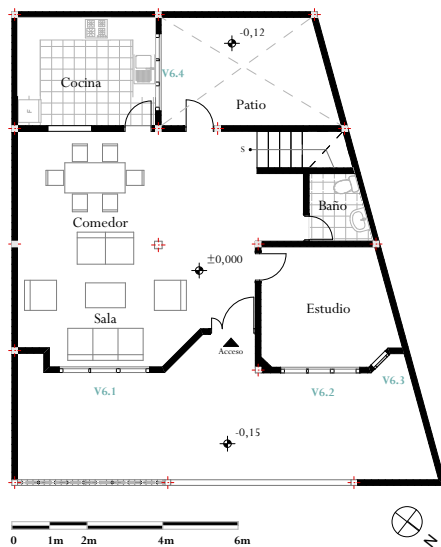
### UBICACIÓN



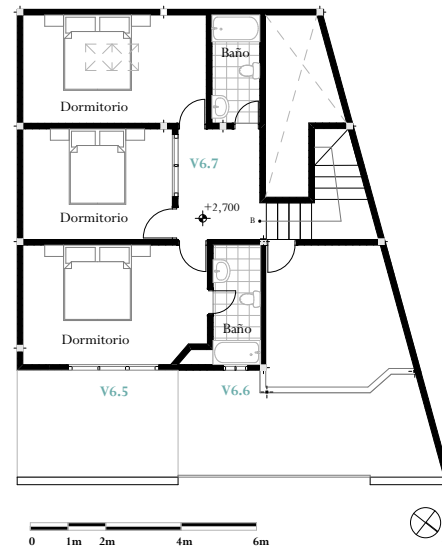
### FOTO



### PLANTA BAJA



### PLANTA ALTA



### ELEVACIÓN FRONTAL



Tabla. 3.6. Descripción Vivienda 6. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



### 3.4. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

#### 3.4.1. LEVANTAMIENTO DE CAMPO

En el levantamiento de campo se obtuvieron los atributos de las ventanas, mediante técnicas de recolección de datos; se utilizó la observación estructurada, la misma que permite acumular y registrar información por medio de la observación. Esta técnica establece un plan referido a las variables y a los tipos de datos que se van a recolectar, por lo tanto, el investigador puede utilizar una matriz de datos para el registro de la información y su posterior análisis (Chávez de Paz, 2012).

A partir del levantamiento espacial de las viviendas se codificó cada ventana (Tabla.3.2 - 3.00), se realizó una ficha de registro mediante la cual se logró obtener datos como la ubicación, forma, dimensiones, proporción, materialidad y tipo de apertura de las ventanas (Anexo.01.), además de realizar un registro fotográfico.

La información obtenida se reforzó mediante preguntas generales a los usuarios sobre el tiempo y frecuencia de apertura de las ventanas en cada uno de los espacios; respuestas que llevaron a la conclusión de que las ventanas que se abren con mayor frecuencia son la de los dormitorios, aprovechando las mañanas, debido al clima de Cuenca.

#### 3.4.2. ANÁLISIS Y REPRESENTACIÓN DE DATOS

Los datos obtenidos en el levantamiento de campo se representaron porcentualmente para mayor entendimiento y mejor análisis. A partir de la recolección de la información se descomponen los atributos de las ventanas, tanto características como variables, a través de técnicas estadísticas para determinar las medidas de tendencia, mediante la moda; es decir, las propiedades de las ventanas con mayor frecuencia.

Existen ciertas consideraciones que se tomaron en cuenta a partir del análisis de campo. En primera instancia, cada espacio de la vivienda tiene ciertos requerimientos y características en cuanto a la ventana, por lo que se consideró tres zonas de estudio:

- zona de descanso
- zona social
- zonas húmedas

La normativa del POT (Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca) clasifica a los espacios de acuerdo con las necesidades de iluminación y ventilación (Capítulo II) (Secretaría General de Planificación, 2002), por lo tanto, en este análisis se prescinde de las ventanas que se encuentran en zonas húmedas, espacios de poca permanencia o transición. Por lo que, las ventanas a considerar son las de las

zonas de descanso y sociales, siendo dormitorios, sala y comedor; con fines comparativos es mejor establecer una relación entre espacios similares.

El segundo parámetro que se estableció fue el espesor del vidrio, debido a la complejidad de medir el espesor insitu, se optó por generalizar el mismo a partir de la NEC (Código NEC – HS – VIDRIO) del 2014. Los vidrios que se describen en el Capítulo II mantienen el mismo coeficiente de transmisión térmica, en espesores de 4 a 10mm; por lo tanto, cada una de las ventanas de las viviendas posee un espesor dentro de estos rangos, para este estudio (MIDUVI & CAMICON, 2014).

## Vivienda 1

En esta vivienda existen 10 ventanas, 8 expuestas al exterior y 2 hacia un patio cubierto. Las ventanas son de perfiles de aluminio y madera, predominando el aluminio con un 70%, el vidrio es cristal monolítico simple y sin tinte, la posición en fachada, de mayor concurrencia, son vanos a media altura en esquina y vanos piso-techo con un 30%. La orientación de la mayoría es hacia el Sur y al Este en un 30% del total (Figura. 3.3).

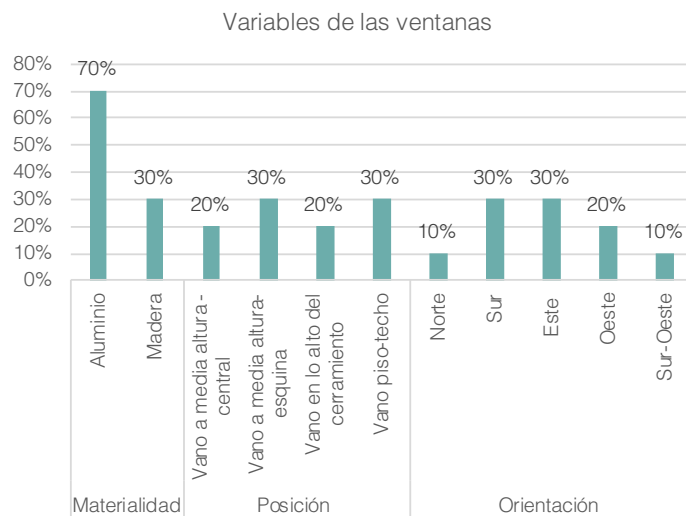


Figura. 3.3. Especificaciones técnicas. Variables de las ventanas. Vivienda 1. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Considerando la forma de estas, se obtuvo que el 80% son rectangulares horizontales con un coeficiente de forma (relación entre el alto y el ancho), de un 70% de las ventanas, es intermedia y de un 30% entre horizontales y verticales. Los sistemas de apertura de las ventanas, en esta vivienda, son corredizas y fijas, siendo la de mayor empleo las corredizas con apertura del 50%, del 80% de las ventanas. Debido al emplazamiento de la vivienda el 30% de las ventanas dan a la fachada principal por lo cual únicamente estas poseen cortinas de tela, por privacidad (Figura. 3.4).



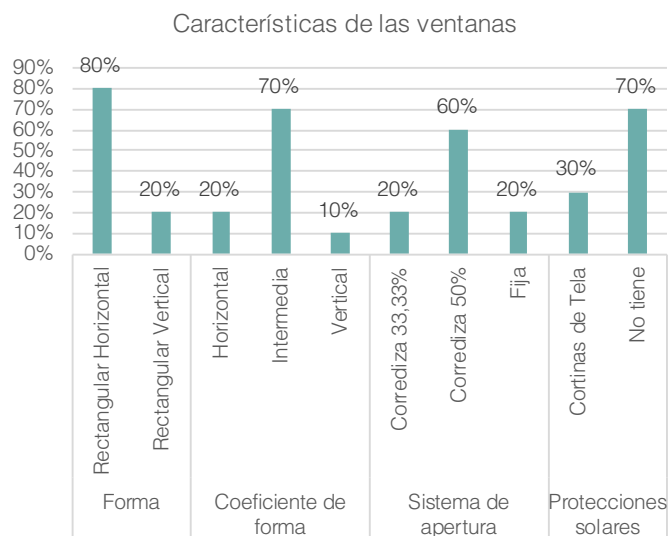


Figura. 3.4. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas. Vivienda 1. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

## Vivienda 2

Esta vivienda posee 22 ventanas, el 68% son de perfilera de aluminio, el 19% son una combinación de aluminio y madera, y el 14% de madera, de igual manera están compuestas de vidrio monolítico simple, el 73% es cristal con tinte y el 27% entre cristal deslustrado y grabado. La posición en fachada del 41% de las ventanas son vanos de media altura central, seguido de vanos en lo alto del cerramiento con un 32%. La orientación del 45% de las ventanas se encuentran hacia el direccionadas al norte, seguidas del 27% al este (Figura. 3.5).

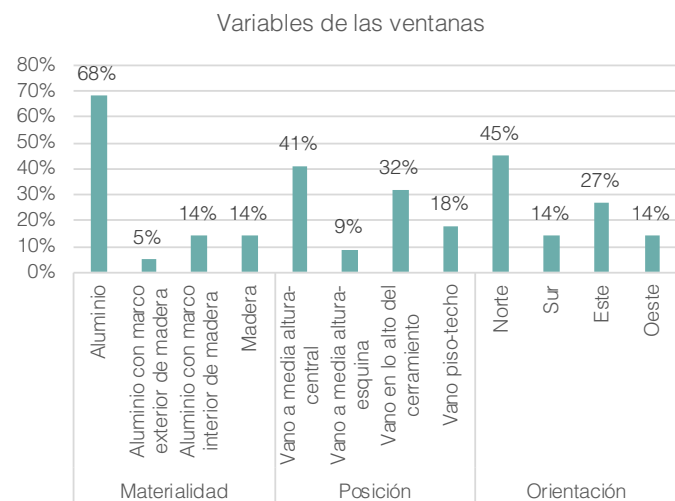


Figura. 3.5. Especificaciones técnicas. Variables de las ventanas. Vivienda 2. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

La forma característica del 68% de las ventanas es rectangular horizontal, las demás son verticales, coincidiendo que la mayoría de estas son con un sistema de apertura fija. El coeficiente de forma predominante, en un 45%, es la ventana intermedia y un sistema de apertura de ventanas corredizas, con el 73% en los espacios habitables, en algunos espacios existe ventanas fijas para aportar con iluminación. Debido a la disposición de los espacios únicamente las zonas de descanso emplean sistemas de protección solar, los demás espacios prescinden de ellas (Figura. 3.6).

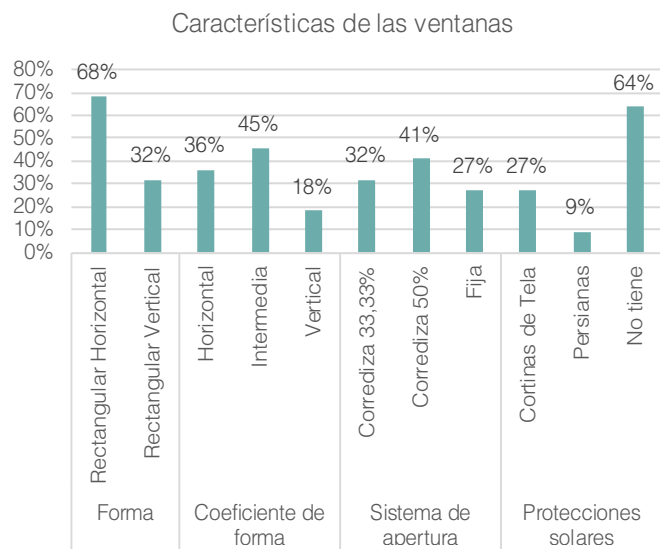


Figura. 3.6. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas. Vivienda 2. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

### Vivienda 3

Esta vivienda cuenta con 24 ventanas, la mayoría de las ventanas son de periferia de hierro con vidrio monolítico simple transparente. La posición que tienen el 71% de los aventanamientos en fachada son vanos a media altura en la parte central, orientados al nor-oeste, el 33% y el 29% hacia el sur-oeste (Figura. 3.7).

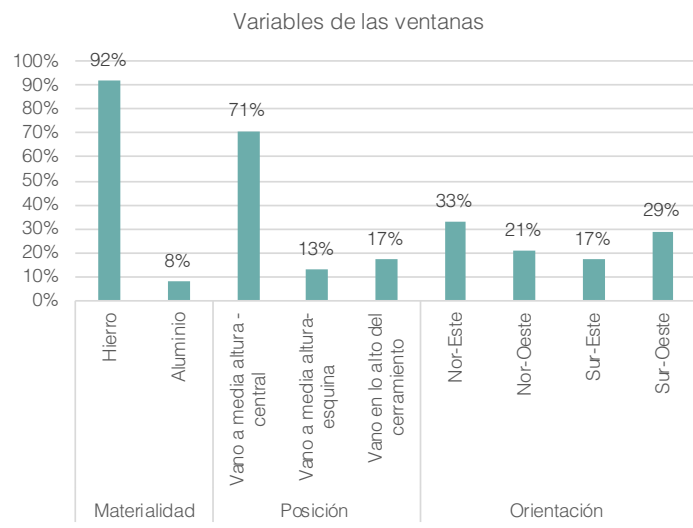


Figura. 3.7. Especificaciones técnicas. Variables de las ventanas. Vivienda 3. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

La forma característica del 33% de las ventanas es rectangular horizontal, el coeficiente de forma predominante en esta vivienda es la intermedia con un 83%. El sistema de apertura del 54% de ventanas es abatible y las protecciones solares utilizadas son cortinas de tela, del 71%, mientras que el restante 29% prescinde de las mismas (Figura. 3.8).

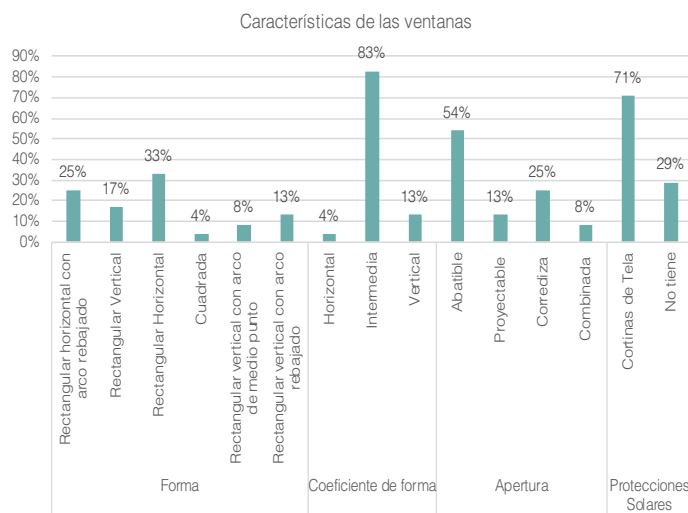


Figura. 3.8. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas. Vivienda 3. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

#### Vivienda 4

Esta vivienda posee 21 ventanas las cuales tienen perfilera de madera y vidrio monolítico simple transparente. La posición del 50% de las mismas, son vanos piso-techo y el 48% son a media altura en esquina. La orientación del 38% de las ventanas es hacia el oeste y el 33% al este (Figura. 3.9).

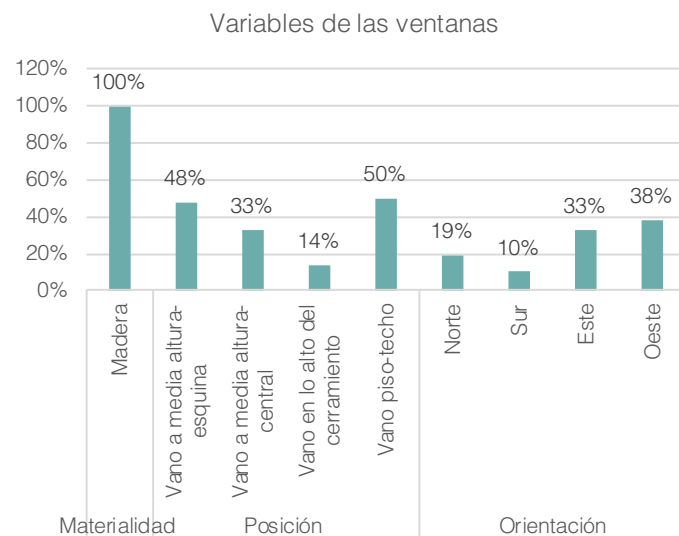


Figura. 3.9. Especificaciones técnicas. Variables de las ventanas. Vivienda 4. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

La forma del 52% y del 48% de las ventanas, son entre rectangular horizontal y rectangular vertical, respectivamente; el coeficiente de forma de mayor porcentaje es la intermedia con 48%. El sistema de apertura del 52% de las ventanas es abatible, 38% fijas y 10% guillotina. Otra característica importante son las protecciones solares, en este caso el 71% tienen cortinas de tela, mientras que el 29% restante no las posee (Figura. 3.10).

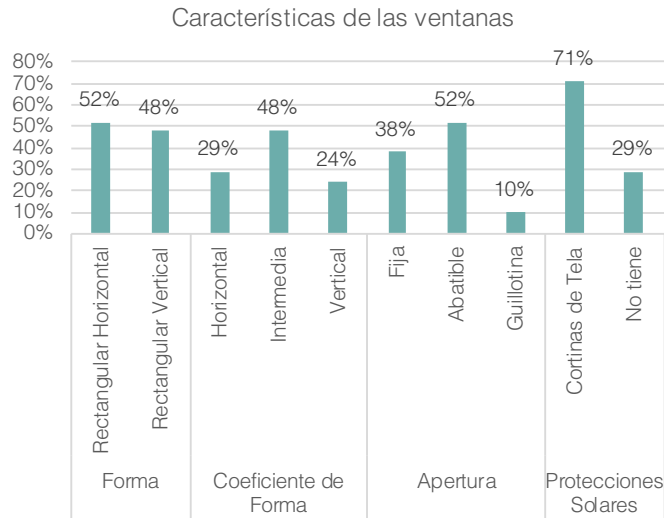


Figura. 3.10. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas. Vivienda 4. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

## Vivienda 5

La vivienda cuenta con 13 ventanas, la materialidad de los marcos es de hierro y madera, del 77% y el 23% respectivamente. Cada una de las ventanas tiene cristal monolítico simple y transparente. El posicionamiento de las mismas es a media altura y central, del 54% y la orientación de estas están dirigidas hacia el sur-oeste, del 62% de las ventanas (Figura. 3.11).

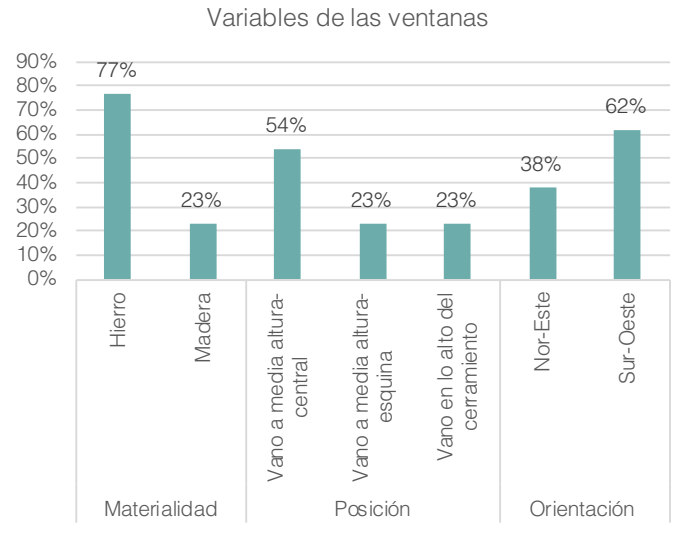


Figura. 3.11. Especificaciones técnicas. Variables de las ventanas. Vivienda 5. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

La forma del 52% de las ventanas es rectangular horizontal; el coeficiente de forma de todas las ventanas es horizontal. El sistema de apertura predominante es abatible con un 77%, mientras que el 23% restante son ventanas fijas. Esta vivienda cuenta con cortinas de tela y persianas como protecciones solares con un porcentaje de 15% y 38% respectivamente, sin embargo, el 46% de las ventanas no cuentan con ninguna de ellas (Figura. 3.12).

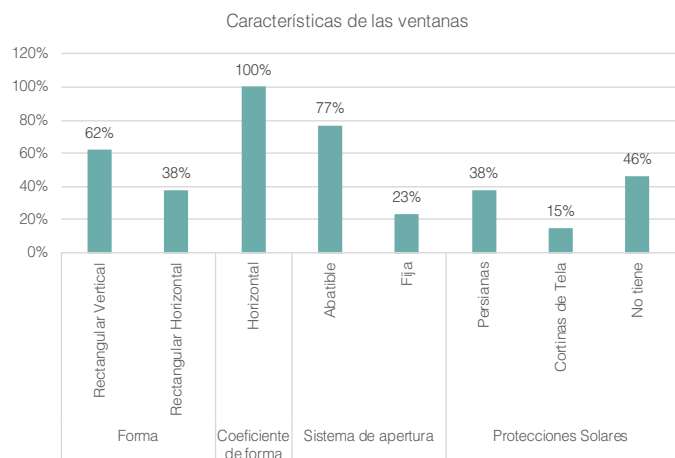


Figura. 3.12. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas. Vivienda 5. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

## Vivienda 6

Las especificaciones técnicas de las 7 ventanas, como se observa en la Tabla. 3.6, en los planos arquitectónicos de la edificación, esta vivienda posee el menor número de ventanas, con la deficiencia de carecer de ventanas en los dormitorios. En cuanto a la materialidad, todas las ventanas tienen perfilera de hierro con vidrio monolítico simple con tinte. La posición en fachada predominante es del 57% de vanos a media altura-central, la orientación del 71% de las ventanas es hacia el nor-este (Figura. 3.13).

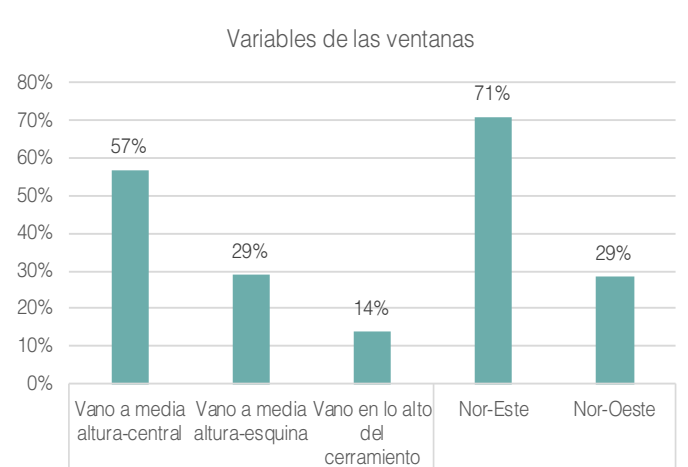


Figura. 3.13. Especificaciones técnicas. Variables de las ventanas. Vivienda 6. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

La forma de mayor predominio es la rectangular horizontal, con un 86%, las cuales tienen un coeficiente de forma intermedia, con un 57%. El sistema de apertura del 86% de los aventanamientos es corrediza y el 71% de las ventanas emplean las cortinas de tela como protecciones solares (Figura. 3.14).

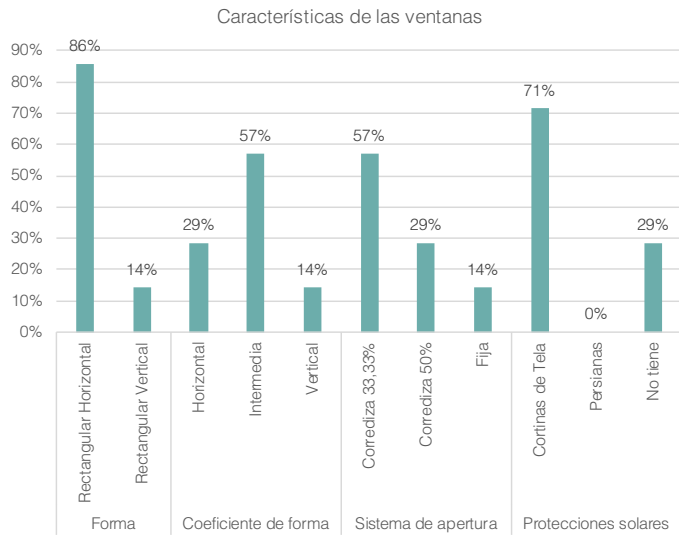


Figura. 3.14. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas Vivienda 6. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

## Discusiones Finales

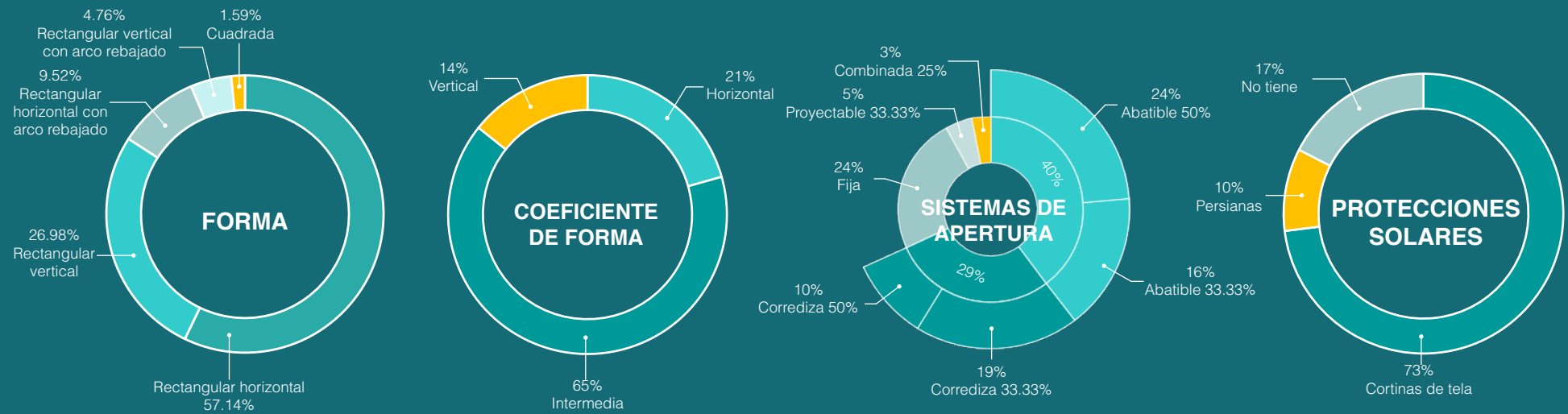
Como resumen final, se analizó los datos de manera global, resultando un total de 97 ventanas de análisis. Con respecto a las características, la forma del 57.14% de las ventanas es rectangular horizontal, con un coeficiente de forma intermedia, del 65% de las ventanas. El sistema de apertura del 40% es abatibles, de las cuales, el 24% es de una apertura del 50% y el 16% del 33.33%. El 73% de las ventanas poseen como protección solar cortinas de tela.

De acuerdo con las variables se obtuvo que el 21% de las ventanas se orientan hacia el sur-oeste; la posición en fachada del 63% de aventanamientos es a media altura en la parte central de la pared. Mientras que, la materialidad del 43% de las ventanas es de perfilería de hierro, esto se debe a la edad de las edificaciones, ya que las edificaciones tienen más de 10 años de antigüedad. El vidrio predominante es el monolítico simple, de los cuales el 69% es cristal transparente (Figura. 3.15).

En este mismo sentido, se realiza un análisis en la sala-comedor y dormitorios. Como resultado se obtiene que la forma característica, del 69% de las ventanas del dormitorio, es rectangular y del área social el 47%, debido a que en estos espacios existe un mayor número de ventanas verticales. El coeficiente de forma de los dos espacios es intermedia, del 55% y 73% respectivamente. El sistema de apertura es corrediza del 38% de las en los dormitorios, en su mayoría con una apertura del 33.33% y la apertura para los espacios de sala y comedor es abatible del 47%, en mayor número del 50%. Las protecciones solares en estos espacios tienen cortinas de tela, 86% en los dormitorios y 60% en la sala y comedor (Figura. 3.16).



## CARACTERÍSTICAS



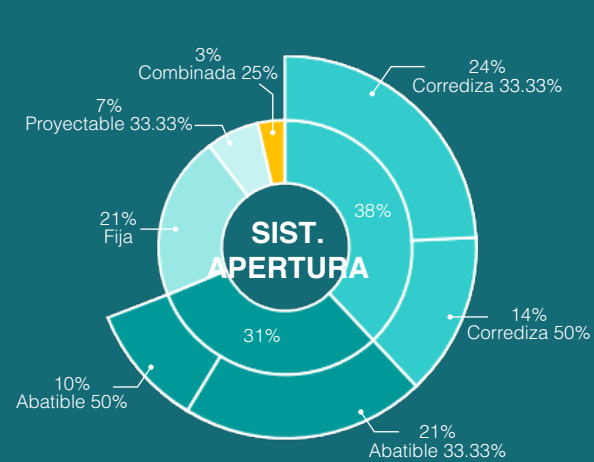
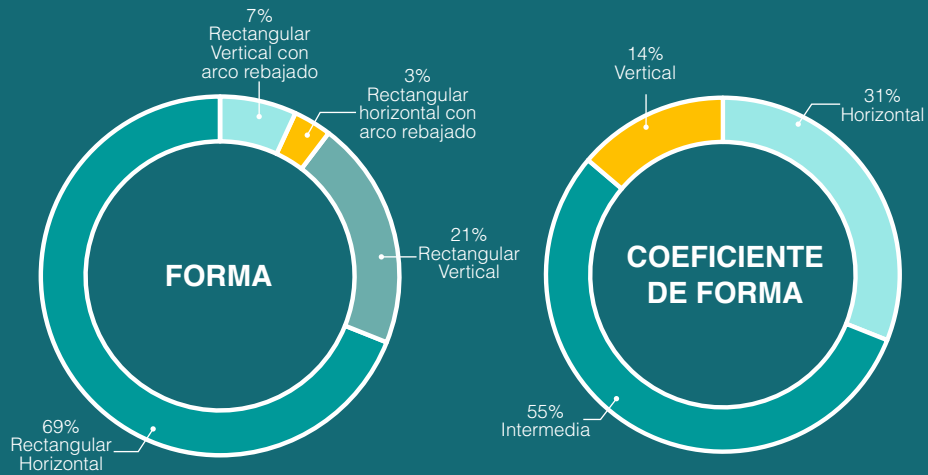
## VARIABLES



Figura. 3.15. Índices de especificaciones técnicas de las ventanas. Elaboración y fuente: Grupo de tesis.



## DORMITORIO



## SALA-COMEDOR

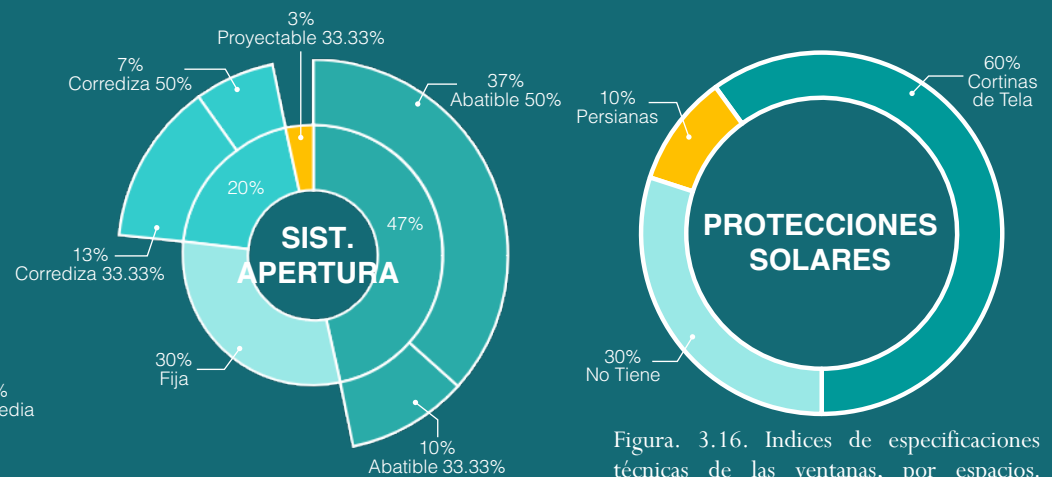
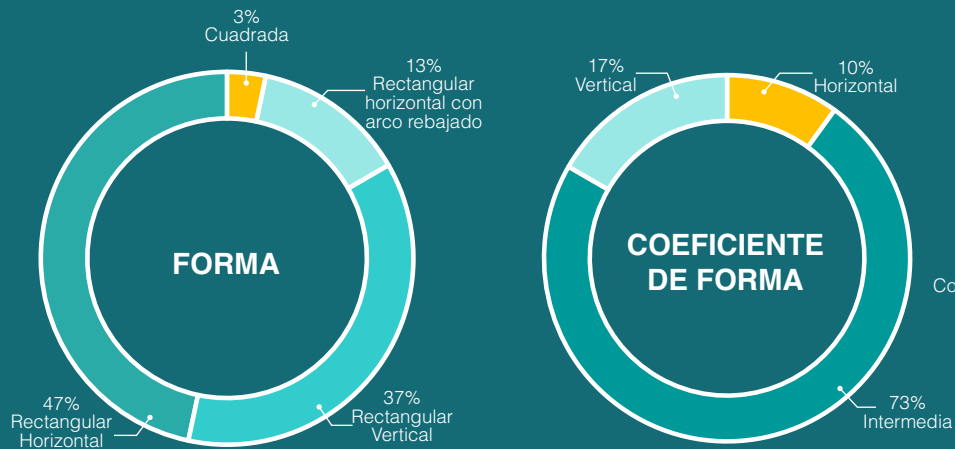


Figura. 3.16. Índices de especificaciones técnicas de las ventanas, por espacios. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

### 3.4.3. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LAS VENTANAS, SEGÚN LA NORMATIVA

La normativa para el análisis del estado actual de las viviendas, se estableció a partir del estado actual de las ventanas en las viviendas. La normativa a seguir es la Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca con respecto a iluminación y ventilación, la cual establece un porcentaje de superficie vidriada mínimo del 15% para iluminación y un mínimo de 5% para ventilación en relación a la superficie del espacio.

Tal como se observa, la Tabla. 3.7 muestra los porcentajes para ventilación e iluminación, en sala-comedor y dormitorio de las 6 viviendas; como resultado del análisis, es evidente que las viviendas de la 1 a la 4 cumplen con los porcentajes antes mencionados en los dos espacios; el porcentaje máximo es del 48% en iluminación del dormitorio de la vivienda 4, y un 15% de ventilación en la sala-comedor de la vivienda 3.

Sin embargo, tanto la vivienda 5 como la vivienda 6 no cumplen con todo lo establecido; pues la sala-comedor de la vivienda 5 presenta un porcentaje del 4% para ventilación, al igual que la sala-comedor de la vivienda 6 que presenta un 9% para iluminación y un 3% para ventilación.

El presente análisis será la base para confirmar o reestablecer el porcentaje de superficie vidriada adecuada, tanto para iluminación y ventilación.

VIVIENDA		% ILUMINACION	% VENTILACION
V1	Sala-Comedor	28 %	8 %
	Dormitorio P	29 %	15 %
V2	Sala-Comedor	17 %	8 %
	Dormitorio P	26 %	9 %
V3	Sala-Comedor	31 %	15 %
	Dormitorio P	20 %	9 %
V4	Sala-Comedor	38 %	9 %
	Dormitorio P	48 %	7 %
V5	Sala-Comedor	20 %	4 %
	Dormitorio P	18 %	5 %
V6	Sala-Comedor	9 %	3 %
	Dormitorio P	15 %	5 %

Tabla. 3.7. Porcentajes de iluminación y ventilación, según el POT.  
Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

### 3.5. TIPOLOGÍA DE VENTANAS

A partir de los casos de estudio, se puede considerar que las tipologías de ventanas resultantes de esas viviendas serán las ventanas más comunes de las mismas. Con el fin de obtener la ventana típica de las viviendas unifamiliares es preciso entender que la tipología, es el análisis y la categorización de tipos; mediante la tipología es posible distinguir elementos y agruparlos según sus características (Perez & Gardey, 2014). Para obtener la tipología es necesario analizar la diversidad de los datos; mediante la descomposición, es decir, como se integran y se combinan los mismos (Roldán, 1996).

La tipología de ventana se obtiene a partir de 3 conjuntos de análisis: ventanas por su forma y proporción, ventanas por el sistema de apertura y ventanas de acuerdo con su ubicación.

- Ventanas por su forma y proporción: A partir del primer grupo se establece una ventana rectangular horizontal intermedia, con un coeficiente de forma  $> \frac{1}{2}$  y  $< 1$ , en relación entre su altura y ancho.
- Ventanas por el sistema de apertura: De acuerdo con el sistema de apertura se obtuvo una ventana abatible del 50%.
- Ventanas de acuerdo a su ubicación: En cuanto a la ubicación, como ya se mencionó en el análisis y representación de datos, las zonas a estudiar son

la de descanso y área social. En los dormitorios se obtuvo una ventana de forma rectangular horizontal con un coeficiente de forma intermedio y un sistema de apertura corrediza en un 33.33%, sin embargo, la diferencia entre los demás sistemas es mínimo considerando también un sistema abatible en un 33.33% y ventana fija. En el área social, de la misma manera, se obtuvo una ventana rectangular horizontal intermedia y un sistema de apertura abatible al 50%.

A partir de cada grupo se estableció una tipología de ventana, las cuales se consideran las ventanas típicas de las viviendas unifamiliares de la ciudad de Cuenca.

1. Ventana rectangular horizontal intermedia, abatible al 50%. (Figura 3.17)
2. Ventana rectangular horizontal intermedia, abatible al 33.33%. (Figura 3.18).
3. Ventana rectangular horizontal intermedia, corrediza al 33.33%. (Figura 3.19)

Resulta oportuno recalcar que, según los grupos definidos, la ventana fija tiene el mismo porcentaje que la ventana abatible en un 33.33%, sin embargo, no se le considero dentro de las tipologías debido a que la mayoría de ventanas fijas tienen forma rectangular vertical con un coeficiente de forma de  $> 2$ , por lo que existe incongruencia con las características de mayor tendencia de las demás ventanas.

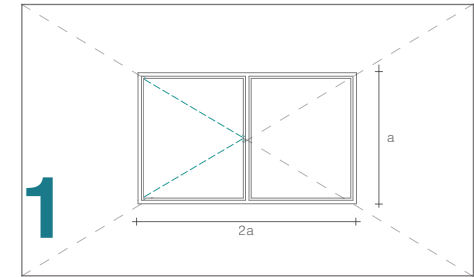


Figura. 3.17. Tipología 1 de ventana. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

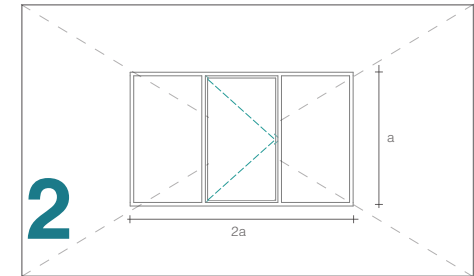


Figura. 3.18. Tipología 2 de ventana. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

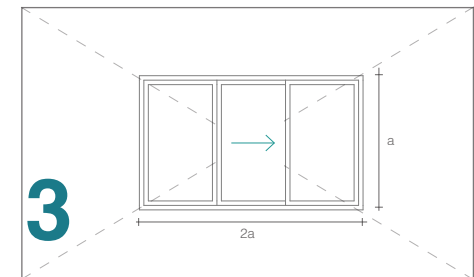


Figura. 3.19. Tipología 3 de ventana. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

A partir del levantamiento de campo se logró entender la realidad de las condiciones físicas de las ventanas y una aproximación sobre la incidencia de estas en los espacios.

De acuerdo a las tipologías definidas y al grupo de las cuales se establecieron, se debe considerar que por su ubicación los espacios tienen distintos requerimientos; para ejemplificar se puede observar que en la Figura. 3.17 las aperturas de las ventanas en los dormitorios son distintas a las de la sala. De manera similar sucede con las protecciones solares, a pesar de que son las mismas hay menor uso de estas en la sala, por motivos de privacidad. En referencia a la clasificación anterior, se considerará dos espacios para la evaluación del comportamiento: sala, que en algunos casos se encuentra conectado con el comedor, y el dormitorio principal. Otro aspecto que cabe destacar es la materialidad de las ventanas, según la Figura. 3.16 la perfilería de hierro es la de mayor predominancia, sin embargo, esto se debe a la edad de las edificaciones ya que la mayoría tienen más de 10 años de antigüedad.

Por las consideraciones anteriores, se ha optado por realizar una posterior evaluación de las ventanas al modificar estas características, de manera comparativa con las variables, para establecer de mejor manera un modelo de ventana que mejore la calidad del ambiente interior.



Figura. 4.1. La Sombra de la Ventana. Elaboración y Fuente: (Moscoso, 2018).





# ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VENTANAS

“La elección del tipo constructivo, material del marco y clase de vidrio de una ventana depende de los requisitos técnicos y estéticos que deba cumplir este elemento arquitectónico.”

(Neufert, n.d.)



En este capítulo se evalúa el comportamiento de las ventanas en los espacios interiores de las viviendas y la incidencia que se da en la calidad del ambiente interior. El análisis se realiza mediante estándares e índices que evalúan el desempeño térmico, lumínico y la calidad del aire. Con este mismo fin se ha optado por el uso del software DesignBuilder, especializado en simulación ambiental y energética; para las simulaciones es necesario estandarizar parámetros de la configuración del programa y sobre características constructivas de cada caso de estudio. Las simulaciones se realizan en cuatro instancias (estado actual, tipologías, modelos y componentes), con el objetivo de identificar los atributos de la ventana de mejor comportamiento.

## 4.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS DE CUENCA

La temperatura ambiente de la ciudad de Cuenca se encuentra por debajo del rango de confort, con una temperatura promedio anual de  $16.3^{\circ}\text{C}$  con variaciones de  $10.1^{\circ}\text{C}$  a  $21^{\circ}\text{C}$ . Los meses más cálidos oscilan entre enero a mayo y los meses más fríos entre junio a septiembre (Quesada & Bustillos, 2018). A una temperatura superior el aire es capaz de mantener una cantidad mayor de vapor de agua, los valores de humedad relativa están entre el 40% y 85%, con un punto de rocío de  $12.1^{\circ}\text{C}$ , promedio anual (INAMHI, 2014). En cuanto a las precipitaciones el promedio anual varía de 800 a 1000 mm/m<sup>2</sup>, presentes en dos periodos del año, febrero a mayo y octubre a diciembre, los de mayor precipitación. Durante el periodo de junio a septiembre las precipitaciones disminuyen a 35.98 mm/m<sup>2</sup> (Quesada M. et al., 2018).

El nivel de radiación máximo en la ciudad de Cuenca, medida mediante la estación de la UPS, en el año 2017 es de 602.42 W/m<sup>2</sup> y la mínima es de 192.89 W/m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta que Cuenca tiene un promedio de luz del sol de 12 horas diarias (Calle & Chuquimarca, 2018).

La velocidad y dirección del viento es el resultado de las diferencias de las presiones atmosféricas provocadas por varios factores climáticos. Los vientos en la ciudad de Cuenca van en dirección nor-este, a una velocidad promedio de 4 m/s (Windfinder, 2018).

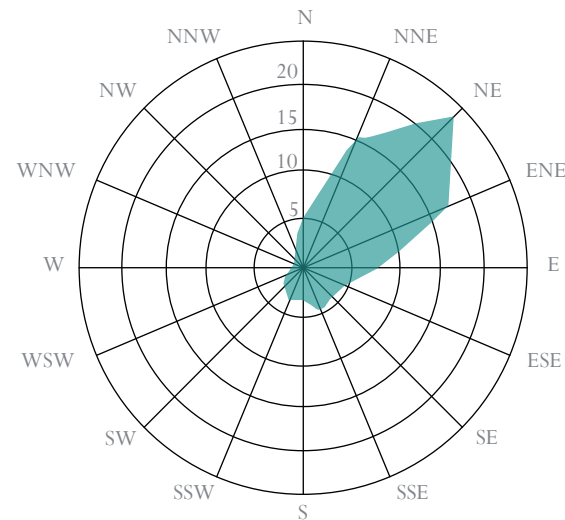


Figura. 4.2. Distribución de la dirección del viento. Elaboración y Fuente: (Windfinder, 2018).

## 4.2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO, LÚMINICO Y CALIDAD DEL AIRE

Los criterios propuestos se establecen debido a que la normativa nacional carece de información con respecto al confort térmico y lumínico. Con el fin de superar este vacío en la literatura se determinaron estándares con base a investigaciones previas. Por otra parte, los índices facilitan la evaluación del desempeño térmico para entender el comportamiento de las ventanas y, a su vez, a la incidencia de estas en la calidad del ambiente interior.



#### 4.2.1. ESTÁNDARES REFERENCIALES

Los estándares referenciales para evaluar el confort térmico y confort lumínico están basados en los datos obtenidos del proyecto de investigación de Quesada & Bustillos (2018); es importante mencionar que los autores obtuvieron estos valores a través de un método mixto de recolección, entre percepciones subjetivas y mediciones físicas. Por otra parte, para la calidad del aire se tomó como referencia la normativa nacional NTE INEN 1126: Ventilación natural de edificios (INEN, 1984). En la Tabla 4.1. se muestra los estándares referenciales para la evaluación del desempeño.

ESTÁNDARES REFERENCIALES	
REQUERIMIENTO	ESTANDARES
Confort Térmico	16.62°C - 23.62°C
Confort Lumínico	Sala: ≥5%
	Dormitorio: ≥4%
Calidad del Aire	1 rev/h

Tabla 4.1. Estándares referenciales. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INEN, 1984; Quesada & Bustillos, 2018).

Es importante mencionar que los valores de confort térmico se establecen para una aceptación del 80%. El factor luz día, que mide el confort lumínico, difiere de acuerdo a los espacios de la vivienda; mientras que las renovaciones por hora presentan un mismo valor.

#### 4.2.2. INDICADORES E ÍNDICES DEL DESEMPEÑO TÉRMICO

La evaluación del rendimiento térmico se basa en la metodología de Nico-Rodrigues (2015), la cual evalúa el desempeño térmico a partir de la cantidad de incomodidad térmica que provoca cada ventana en el espacio, mediante índices de confort adaptativo. Los índices propuestos son la frecuencia de incomodidad térmica (FDT) y grados horas de incomodidad térmica (GhDT), estos permiten un análisis térmico comparativo de los diferentes ambientes con las distintas ventanas; mediante los indicadores se puede desarrollar mejoras en las ventanas identificadas como deficientes, con el fin de optimizar las condiciones de habitabilidad.

La frecuencia de incomodidad térmica (FDT) es el porcentaje de tiempo en la que la temperatura operativa se encuentra fuera del rango de confort, este indicador cuantifica las horas de malestar en un periodo de tiempo; considerando que se analiza un día representativo de cada estación, el período de estudio es de 24 horas, siendo las 24 horas el 100% y cada hora del día el 4.17%. Por ejemplo, si la cantidad de horas que se encuentran fuera del rango de confort son 3 horas, esto corresponde al 12.51% de incomodidad térmica. Cabe agregar que Cuenca no cuenta con estaciones climáticas, por lo que se adaptó la metodología a dos períodos del año, considerando los meses más calurosos y más fríos; de esta manera surge una temporada caliente y otra fría.

Los grados horas de incomodidad térmica (GhDT), se determina por la diferencia entre la temperatura operativa y el rango de confort, medidas en grados. De esta manera la sumatoria de las diferencias de temperatura de todas las horas que se encontraron fuera de la zona de confort, determinaran los grados de incomodidad térmica. Para ejemplificar, la Figura 4.3 muestra un caso en el que supone que durante las 05h00 a 06h00 de la madrugada la temperatura operativa es de 16.00 °C y 16.20 °C, respectivamente, que corresponde a temperaturas que no alcanzan el rango de confort, las diferencias que existen entre la temperatura operativa y la de confort sería de 0.62 °C y 0.42 °C, teniendo una sumatoria total del día de 1.04 °C, que corresponde a los grados horas de incomodidad térmica (GhDT).

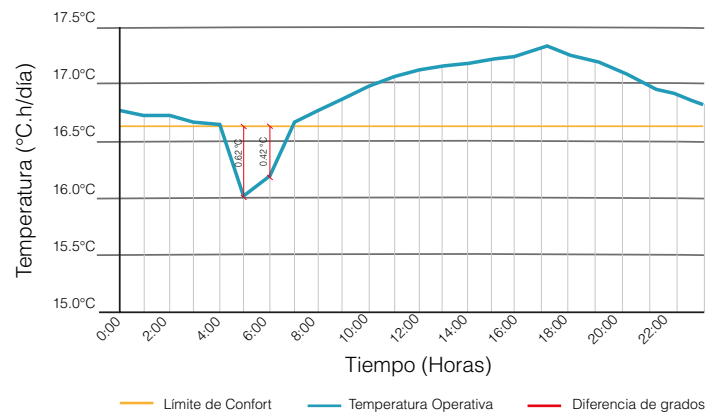


Figura 4.3. Ejemplo del cálculo de GhDT. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Nico-Rodrigues, 2015).

Los resultados de los índices FDT y GhDT identifican las condiciones internas, teniendo en cuenta las ventanas y sus modificaciones en cuanto a sus características, variables y componentes físicos. Los índices se combinan a través de un diagrama de fluctuabilidad para facilitar la evaluación mediante zonas de incomodidad (Fig. 4.3.). La frecuencia de incomodidad térmica FDT grafica en el eje Y y se muestra a través de dos niveles: temporal hasta el 50% y frecuente por encima del 50%. Por su parte, los grados horas de incomodidad GhDT se grafica en el eje X, y se interpreta por la intensidad: suave e intenso, valor que varía dependiendo del valor máximo de todas las viviendas, el nivel suave será hasta la mitad de este valor y el intenso superior al mismo.

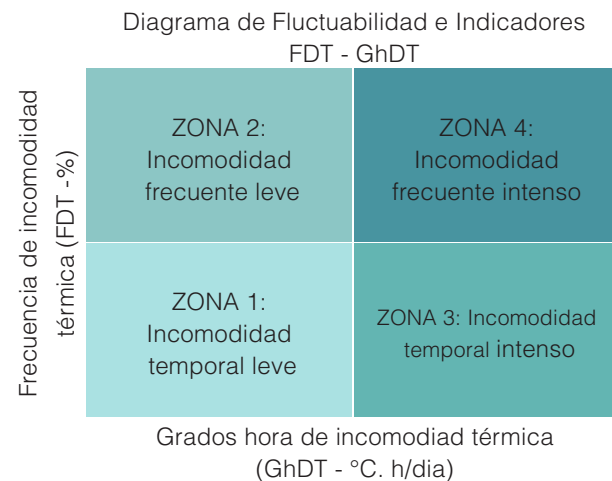


Figura 4.4. Diagrama de Fluctuabilidad. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Nico-Rodrigues, 2015).



### 4.3. SOFTWARE DE VALIDACIÓN Y CONDICIONES DE SIMULACIÓN

La herramienta para evaluar el desempeño en las viviendas es el simulador DesignBuilder versión 5.4; programa especializado en simulación ambiental y energética de edificios. El motor de cálculo que emplea para realizar simulaciones dinámicas en tiempo real es Energyplus, el cual permite el dimensionamiento de sistemas artificiales y pasivos de acondicionamiento. Los cálculos energéticos y ambientales de las edificaciones proporcionan resultados gráficos y numéricos (Ordóñez, 2017).

Es importante mencionar que el software emplea archivos de datos climáticos horarios, razón por la cual se generó el fichero climático ECU\_AZUAY\_CUENCA\_UPS.epw, mediante el software Elements. Los datos climáticos fueron obtenidos de la estación meteorológica de Universidad Politécnica Salesiana (UPS) de los últimos cinco años (2014-2018). Cabe agregar que la ciudad de Cuenca presenta micro climas urbanos, según datos de 15 estaciones meteorológicas, sin embargo, presentan una misma tendencia climática. El Ecuador, según el INER, se divide en zonas climáticas que responden a la norma ASHRAE, la cual toma parámetros relacionados con la percepción humana de confort sobre el ambiente construido (Palme et al., 2015). A partir de esta información se establecieron los pisos climáticos en la norma NEC de eficiencia energética en edificaciones residenciales,

la cual es de aplicación obligatoria. En esta normativa se identifican 6 zonas climáticas para definir estrategias arquitectónicas, así como tipologías constructivas y materiales constructivos adecuados; por su parte, Cuenca se ubica en la zona climática 4 (Tabla.4.2) (MIDUVI,2018).

ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)	ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TÉRMICO
4	4C	Continental Templado	$2000 < \text{HDD} 18^{\circ}\text{C} \leq 3000$

Tabla 4.2. Zona climática Cuenca-Ecuador. Elaboración: Grupo de tesis.

Fuente: (MIDUVI, 2018).

Por lo tanto, para el desarrollo de esta investigación, no es necesario los microclimas urbanos, sino apegarse únicamente a las condiciones climáticas establecidas en la norma.

De acuerdo a los datos del fichero climático se realizó un análisis (Anexo.02), en el cual se evidencia una temporada caliente y una fría, que corresponden a los meses más calidos y frios. A partir de cada temporada, se seleccionó un día representativo de cada una; para la temporada caliente el 1 de febrero y para la temporada fría el 21 de junio. Para los análisis de desempeño térmico y calidad de aire se realizaron simulaciones horarias, en los días representativos, por otra parte, para el análisis de desempeño lumínico se consideró el modelo de cielo CIE nublado, el mismo que varía su luminosidad de acuerdo a la altitud, pues el objetivo es obtener resultados de acuerdo al lugar en el que se realiza el análisis.

#### 4.4. ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE SIMULACIÓN

La estandarización de parámetros se realizó con el fin de que todas las viviendas fueran simuladas con las mismas condiciones y especificaciones, de tal modo que la única variable que pueda incidir en la calidad del ambiente interior sea la ventana, además de que los resultados sean comparativo entre viviendas. Se establecieron los siguientes parámetros de diseño y de simulación:

##### Características constructivas de las viviendas

- Emplazamiento: Para el emplazamiento de las viviendas no se consideró ninguna situación topográfica; sin embargo, se optó por modelar el contexto de edificaciones adyacentes, ya que podrían influenciar en el estudio de iluminación.
- Composición de la envolvente: En la Tabla 4.3 se puede observar los materiales constructivos y las propiedades térmicas que presenta cada elemento de la envolvente, los que fueron seleccionados con base en la norma INEN 2506.
- Dimensiones: La dimensión de todos los locales interiores es de 2,40m de altura libre.
- Acabados: Los acabados de las superficies interiores son muros claros de color blanco.
- Ventanas: Considerando que este elemento es la variable independiente que fue sometida a cambios, el único componente estandarizado es un vidrio monolítico simple incoloro de 4mm.

##### Actividad realizada por los usuarios

- La ocupación se determina de acuerdo a la actividad y a la densidad que cada espacio presenta.

##### Parámetros humanos y ganancias térmicas por equipos

- Parámetros humanos: Se establecen valores estimando la vestimenta general de los habitantes, de acuerdo al clima de Cuenca.
- Ganancias térmicas por equipos: Se prescinde de sistemas de calefacción, refrigeración, iluminación y de equipos eléctricos que puedan generar algún tipo de calor.

##### Ventilación Natural

- Se utilizó la opción de ventilación natural calculada, debido a que se puede configurar el tiempo de apertura de las ventanas. Este aspecto puede darse mediante una consigna de ventilación, en la cual las ventanas se abren automáticamente cuando la temperatura operativa supere los 23.62°C; o un horario de apertura establecido manualmente.

##### Nivel de estanqueidad del aire (infiltraciones de aire)

- Se estableció una tasa constante de infiltración de 0,7 rev/h, parámetro global en toda la edificación; es decir, que este valor no influye únicamente en las ventanas sino en toda su envolvente, razón por la cual, este valor se desestima en el análisis de la ventana. Otro aspecto que se consideró fue que no existen valores referenciales de infiltraciones de aire para la ciudad de Cuenca, ni en todo el país.





## COMPONENTES CONSTRUCTIVOS

Componentes			INEN 2506-2009				Design Builder				
Elemento	Material	Espesor (mm)	Densidad Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad Térmica (W/m.K)	Calor Específico (J/kg.K)	Valor U (W/m <sup>2</sup> .K)	Densidad Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad Térmica (W/m.K)	Calor Específico (J/kg.K)	Valor U (W/m <sup>2</sup> .K)	Composición gráfica de materiales
Piso	Madera	18	700	0,174	1674,72	1,79	675	0,21	1600	0,846	18mm Madera
	Aire	20	1,3	5,56	1004		1,25	0,024	1006		20mm Aire
	Hormigón Armado	100	2500	1,86	837,36		2400	1,9	1000		100mm Hormigón
Muros	Empastado	2	1600	0,7	962,96	2,16	1150	0,57	1000	2,31	8mm Empastado
	Enlucido	13	1900	0,93	1046,7		1125	0,55	1000		13mm Enlucido
	Ladrillo	150	1600	0,582	921		1920	0,72	840		150mm Ladrillo
	Enlucido	13	1900	0,93	1046,7		1125	0,55	1000		13mm Enlucido
	Empastado	2	1600	0,7	962,96		1150	0,57	1000		2mm Empastado
Entrepiso	Madera	18	700	0,174	1674,72	1,61	675	0,21	1600	0,159	18mm Madera
	Aire	20	1,3	5,56	1004		1,29	0,024	1006		20mm Aire
	Hormigón Armado	100	2500	1,861	837,36		2400	1,9	1000		100mm Hormigón
	Aire	120	1,3	5,56	1004		1,29	0,024	1006		120mm Aire
	Estuco	10	700	0,233	1046,7		600	0,18	1000		10mm Estuco
Cubierta	Estuco	10	700	0,233	1046,7	0,228	600	0,18	1000	0,228	25mm Teja
	Aire	100	1,3	5,56	1004		1,29	0,024	1006		100mm Aire
	Teja	25	1759	0,824	816,18		2000	1	800		10mm Estuco

Tabla 4.3. Componentes constructivos. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Design Builder, 2018; INER, 2009)

## 4.5. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VENTANAS A TRAVÉS DE SIMULACIONES

El análisis del comportamiento de las ventanas se realizó en cuatro instancias de simulación, en la primera se evaluó el comportamiento de las ventanas en estado actual, de los casos de estudio; la segunda se analizó el comportamiento que poseen las tipologías de ventanas, establecidas en el Capítulo III; en la tercera se estableció 3 modelos de ventana, a partir de 3 formas distintas, para evaluar las variables de la ventana; y por último, en la cuarta instancia se analizó las características de la ventana y los componentes físicos.

**Primera:** Análisis del Estado Actual

**Segunda:** Análisis de Tipologías de Cuenca.

**Tercera:** Análisis de Modelos de Ventana

**Cuarta:** Análisis de Características y Componentes

Es importante mencionar que las simulaciones se realizaron en dos temporadas (temporada fría y caliente) y en dos espacios de la vivienda (sala-comedor y dormitorio principal), para evaluar el desempeño térmico, lumínico y la calidad del aire.

En la **primera instancia de simulación** el objetivo es analizar el estado actual de las viviendas, con respecto al comportamiento de las ventanas que se muestran en el Anexo 01. Las simulaciones fueron realizadas en dos

estados, con ventanas cerradas y abiertas, con el fin de analizar la incidencia en cada uno de los espacios.

En este caso las ventanas se configuraron mediante un horario de apertura manual, cuando la temperatura operativa del espacio superó el rango de confort (16.62°C- 23.62°C) o existía la mayor temperatura. Este parámetro se estableció debido a que no se consta de un horario de apertura de las ventanas definidas por los usuarios; sin embargo, es evidente que los usuarios no abren las ventanas en horas de la noche, por lo que se definió un periodo de apertura de 09h00 a 18h00.

Cabe agregar que las renovaciones de aire están sujetas al tiempo de apertura de las superficies acristaladas y de la cantidad de incomodidad que se presente en temporada caliente, valores que fueron evaluados a partir de las renovaciones mínimas generadas en un periodo de tiempo. Si las renovaciones mínimas de una hora cumplían con los estándares establecidos, se podía decir que todas las horas, en las que existía intercambio de aire, cumplían de igual manera.

En la **segunda instancia de simulación** se evaluaron las tipologías de ventanas obtenidas en el capítulo III, es importante mencionar que la tipología 1 se diferencia con respecto a la tipología 2 y 3 por el porcentaje de apertura del 50% y el 33,33%, respectivamente; por esta razón la tipología 2 y 3 (con el mismo porcentaje) se combinan



en un solo análisis. Las simulaciones se realizaron modificando la orientación de las viviendas, con el objetivo de evaluar el comportamiento de las tipologías en las cuatro orientaciones principales (norte, sur, este y oeste).

En la **tercera instancia de simulación** se evaluó el comportamiento de las variables de la ventana (orientación, distribución, posición y materialidad), y la relación con respecto a la forma que puedan presentar las ventanas. El análisis se realizó mediante 3 modelos, el modelo 1 es una ventana rectangular horizontal, el modelo 2 es una ventana rectangular vertical y el modelo 3 es una ventana cuadrada; de esta manera se evaluó las cuatro orientaciones principales (norte, sur, este y oeste); además se consideró las distintas posiciones (central a media altura, media altura hacia una esquina, en lo alto del cerramiento y piso techo). Otro aspecto que se analizó es la materialidad del marco de la ventana, como se observa en el Anexo 05 se probó con distintos materiales (hierro, aluminio, madera y PVC) en cada caso de estudio, de esta manera se seleccionó la materialidad de mejor comportamiento para todo el análisis.

En la **cuarta instancia de simulación** se analizó el comportamiento de las características (forma, proporción, tamaño y sistema de apertura) y los componentes físicos de la ventana (marco, cristal y protecciones solares), mediante el método heurístico, el cual evalúa diferentes

enfoques para responder situaciones reales, es decir, consiste en probar una alternativa y verificar si funciona (Ordoñez, 2017). De esta manera se probó diferentes porcentajes de apertura, característica que incide en el tamaño y proporción de la ventana, se evaluó el marco de la ventana, diferentes tipos de vidrio y el uso de protecciones solares.

#### 4.5.1. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL

##### Desempeño Térmico

El análisis del desempeño térmico demostró que la problemática radica en temporada fría, como se observa en la Tabla 4.4, los valores más altos de incomodidad se dan cuando la temperatura está por debajo del rango del confort, alcanzando la zona de incomodidad frecuente intensa; los valores más representativos presentan las viviendas 2 y 6, debido a que. La vivienda 6 no cuenta con incomodidad en ninguno de los espacios, durante temporada caliente, por el contrario, la vivienda 2, en la sala-comedor, la frecuencia máxima que se alcanza es de 14 horas de malestar. Durante temporada fría el mejor comportamiento se dio en la vivienda 2, debido a que no contaba con incomodidad en ambos espacios, misma situación que la sala-comedor de la vivienda 4. No obstante, en esta temporada los valores de incomodidad alcanzan el malestar frecuente intenso; como es el caso del dormitorio principal de la vivienda 3, el cual presenta 24 horas de incomodidad.

GhDT: rango de 0 °C a 36 °C

zona 1 y 2: 0 °C a 18 °C

zona 3 y 4: 18 °C a 36 °C



DESEMPEÑO TÉRMICO - ESTADO ACTUAL												
Vivienda	VIVIENDA 1				VIVIENDA 2				VIVIENDA 3			
Temporada	Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría	
Espacio	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal
Apertura de Ventana	15h00 - 18h00	15h00 - 18h00	24/7 OFF	24/7 OFF	11h00 - 18h00	16h00 - 18h00	24/7 OFF	24/7 OFF	15h00 - 18h00	15h00 - 18h00	24/7 Off	24/7 Off
Horas de Incomodidad	6 horas	2 horas	19 horas	13 horas	14 horas				1 hora	3 horas	10 horas	24 horas
FDT	25,00 %	8,33 %	79,17 %	54,17 %	58,33 %				4,17 %	12,51 %	41,70 %	100,00 %
GhDT	2,57 °	0,06 °	19,80 °	13,05 °	23,53 °				0,08 °	0,55 °	6,11 °	18,30 °
Zona de incomodidad térmica	TEMPORAL LEVE	TEMPORAL LEVE	FRECUENTE INTENSO	FRECUENTE LEVE	FRECUENTE INTENSO				TEMPORAL LEVE	TEMPORAL LEVE	TEMPORAL LEVE	FRECUENTE INTENSO

Vivienda	VIVIENDA 4				VIVIENDA 5				VIVIENDA 6			
Temporada	Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría	
Espacio	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal
Apertura de Ventana	15h00 - 18h00	11h00 - 18h00	24/7 Off	24/7 Off	16h00 - 18h00	16h00 - 18h00	24/7 Off	24/7 Off	16h00 - 18h00	16h00 - 18h00	24/7 Off	24/7 Off
Horas de Incomodidad	2 horas	8 horas		12 horas	1 hora	1 hora	14 horas	17 horas			16 horas	17 horas
FDT	8,34 %	33,36 %		50,00 %	4,17 %	4,17 %	58,38 %	70,89 %			66,67 %	70,83 %
GhDT	0,82 °	25,88 °		15,14 °	0,01 °	0,40 °	9,18 °	15,09 °			8,31 °	6,43 °
Zona de incomodidad térmica	TEMPORAL LEVE	TEMPORAL INTENSO		FRECUENTE LEVE	TEMPORAL LEVE	TEMPORAL LEVE	FRECUENTE LEVE	FRECUENTE LEVE			FRECUENTE LEVE	FRECUENTE LEVE

Tabla 4.4. Resumen del Análisis de desempeño térmico en estado actual. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



DESEMPEÑO TÉRMICO - ESTADO ACTUAL



Tabla 4.5. Diagramas de fluctuabilidad. Análisis de desempeño térmico en estado actual. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

- Sala-Comedor. Ventanas Cerradas. (Temp. Caliente)
- Dormitorio P. Ventanas Cerradas. (Temp. Caliente)
- Sala-Comedor. Ventanas Cerradas. (Temp. Fría)
- Dormitorio P. Ventanas Cerradas. (Temp. Fría)
- Sala-Comedor. Ventanas Abiertas. (Temp. Caliente)
- Dormitorio P. Ventanas Abiertas. (Temp. Caliente)
- Sala-Comedor. Ventanas Abiertas. (Temp. Fría)
- Dormitorio P. Ventanas Abiertas. (Temp. Fría)

El análisis del desempeño térmico evidenció las condiciones actuales de las viviendas, además del comportamiento referente a la ventana cuando se encuentra cerrada y abierta; es importante relacionar el desempeño que presentaron con respecto a las condiciones climáticas de la ciudad, específicamente sobre la radiación solar; en este caso, el 1 de febrero como día representativo de la temporada caliente, presenta valores más altos de radiación solar, con respecto al 21 de junio (Anexo 02); es por esta razón que la apertura de las ventanas en temporada caliente es un recurso eficiente para disminuir la incomodidad térmica, como se observa en la Tabla 4.5; mientras que, para temporada fría este recurso es inadecuado.

Los diagramas de fluctuabilidad (Tabla 4.5) evidencian que existe viviendas que no presentan incomodidad en temporada caliente, esto puede deberse a la orientación o a la superficie vidriada que presentan los espacios.

La vivienda 6 cuenta con el 9% de superficie vidriada lo que favorece en temporada caliente y perjudica en temporada fría. Por otra parte, la vivienda 2 no presenta incomodidad en el dormitorio principal, debido a que está orientada hacia la dirección del viento predominante; sin embargo, la sala-comedor recibe el sol del oeste provocando incomodidad frecuente intensa, situación que favorece en temporada fría (Figura 4.6), de la misma manera sucede en la vivienda 4 (Figura 4.8). En

temporada fría, el dormitorio principal de la vivienda 3, presenta incomodidad frecuente intensa debido a que la orientación de las ventanas es hacia el sur-oeste.

### Desempeño Lumínico

El análisis lumínico posibilitó evaluar la iluminación natural que presentan las viviendas, comparando resultados por las diferencias en sus ventanas. Los valores de FLD obtenidos oscilan en rangos de acuerdo a cada vivienda: la vivienda 1 presenta un rango de 0.03% a 53.00%, la vivienda 2 de 0.01% a 31.00%, la vivienda 3 de 0.31% a 23.00%, la vivienda 4 de 1.11% a 31.00%, la vivienda 5 de 0.55% a 20.00% y la vivienda 6 de 0.05% a 32.00%. En la Tabla 4.6 se muestra el promedio de FLD de cada espacios de las diferentes viviendas; de manera general se observa que la vivienda 4 presenta los valores más altos y la vivienda 1 los más bajos.

En este mismo sentido, se puede identificar que el 66.66% de los espacios cumplen con los estándares de confort lumínico (la sala-comedor con 5% de FLD y dormitorio con el 4%); no obstante, existen viviendas que poseen valores altos de iluminación, lo que podrían generar incomodidad visual, situación que se da por el porcentaje de superficie vidriada; en la vivienda 4, en la sala-comedor existe el 38% y en el dormitorio del 48%, de igual forma sucede en la vivienda 3, en su sala-comedor que posee el 31%.



Otro aspecto por el cual estas viviendas alcanzan valores altos es por la cantidad y la distribución de ventanas, con respecto a las demás viviendas.

Por otra parte, el 33.33% que no satisface los estándares, presentan ciertas características específicas; por ejemplo, la vivienda 1, a pesar de tener el 28% de superficie vidriada, sus ventanas están dirigidas hacia un patio interior cubierto, lo que impide el paso directo de la

radiación solar, y por lo tanto del calor; la sala-comedor de la vivienda 2 tiene 9m de profundidad y una sola ventana para iluminar, lo que produce una iluminación innadecuada; situación similar sucede en la vivienda 6 que el espacios de la sala-comedor tiene una profundidad de 6m, además de posee una forma irregular y no cumplir con el 15% de superficie vidriada (Tabla 4.17).

#### DESEMPEÑO LUMÍNICO - ESTADO ACTUAL

VIVIENDA	VIVIENDA 1		VIVIENDA 2		VIVIENDA 3	
ESPACIO	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal
FLD (Factor luz día)	4,09 %	1,93 %	4,46 %	4,29 %	6,98 %	4,97 %

VIVIENDA	VIVIENDA 4		VIVIENDA 5		VIVIENDA 6	
ESPACIO	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal
FLD (Factor luz día)	8,05 %	9,97 %	5,52 %	4,23 %	2,62 %	4,36 %

Tabla 4.6. Resumen del Análisis del desempeño lumínico en estado actual. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

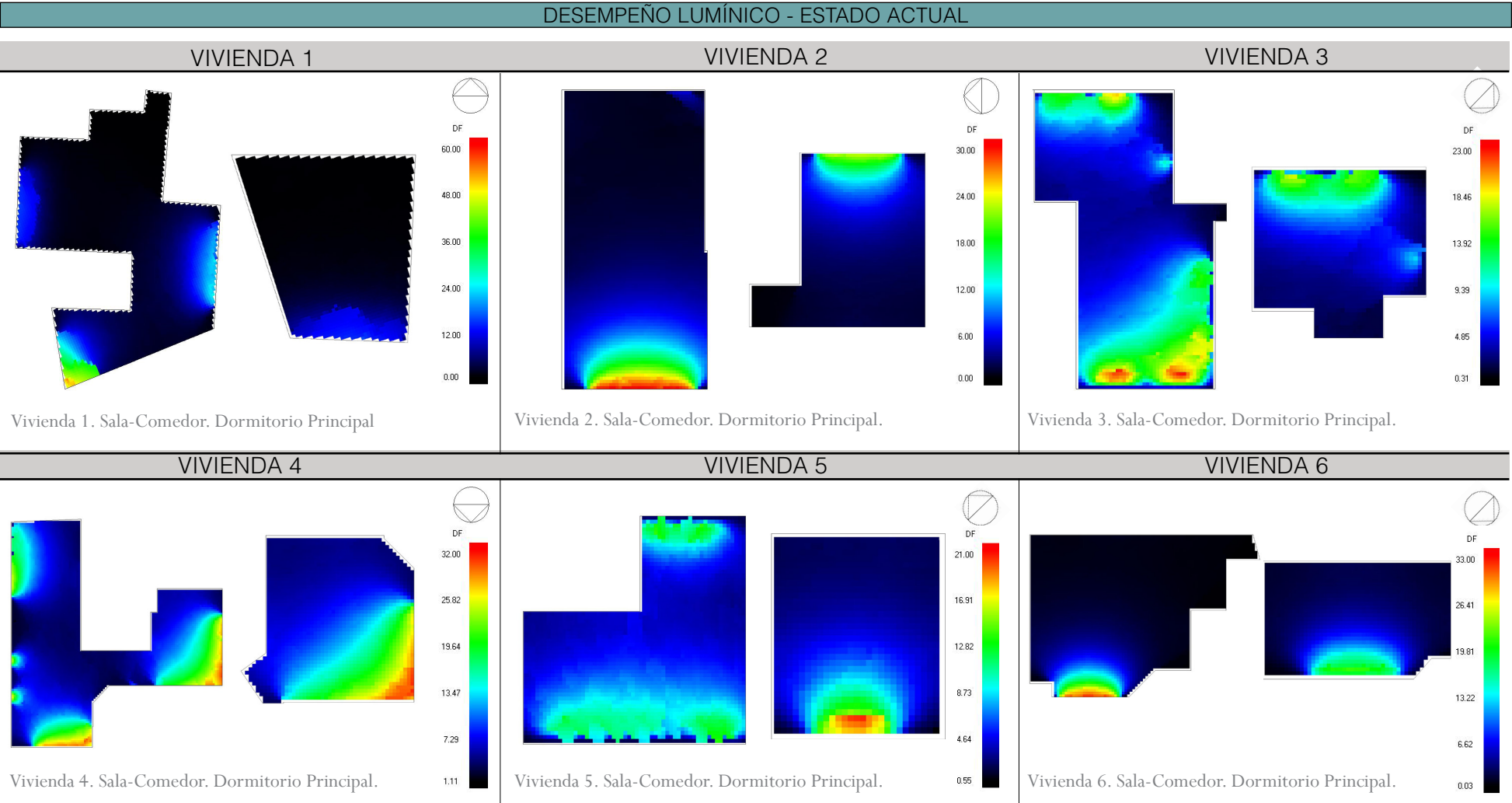


Tabla 4.7. Análisis del desempeño lumínico en estado actual. Gráficos de iluminación. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



## Calidad del Aire

Las renovaciones de aire se relacionan directamente con el porcentaje de superficie de ventilación, en la Tabla 4.8 se muestran los valores mínimos de renovaciones de aire por hora, que se dan en cada vivienda cuando se abre la ventana. Se puede observar que los espacios que presentan mayores renovaciones corresponden a los de mayor superficie de ventilación; como es el caso de la

sala-comedor de la vivienda 3 con el 15% de ventilación. Por el contrario, la vivienda 6 presenta el 3%, en la sala-comedor, siendo el único espacio que no cumple con los estándares.

Cabe agregar que, a pesar que se muestra únicamente los valores cuando se abre la ventana, existe también renovaciones de aire por infiltraciones, que se dan cuando las ventanas se encuentran cerradas, y, en general en toda la envolvente de la edificación.

CALIDAD DEL AIRE -ESTADO ACTUAL												
VIVIENDA	VIVIENDA 1				VIVIENDA 2				VIVIENDA 3			
TEMPORADA	Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría	
ESPACIO	Sala-Comedor	Dormitori o principal	Sala-Comedor	Dormitori o principal	Sala-Comedor	Dormitori o principal	Sala-Comedor	Dormitori o principal	Sala-Comedor	Dormitori o principal	Sala-Comedor	Dormitori o principal
rev/h (min)	29,33	6,44	25,01	2,50	1,89	6,86	1,93	8,76	47,79	7,50	45,55	3,28

VIVIENDA	VIVIENDA 4				VIVIENDA 5				VIVIENDA 6			
TEMPORADA	Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría	
ESPACIO	Sala-Comedor	Dormitori o principal	Sala-Comedor	Dormitori o principal	Sala-Comedor	Dormitori o principal	Sala-Comedor	Dormitori o principal	Sala-Comedor	Dormitori o principal	Sala-Comedor	Dormitori o principal
rev/h (min)	21,14	1,55	20,64	1,27	2,88	3,11	2,51	3,16	0,99	1,83	1,75	1,86

Tabla 4.8. Resumen del Análisis de calidad del aire. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Los análisis realizados fueron para comprender el estado actual de las viviendas, en la Tabla 4.9 se muestra un resumen sobre cada desempeño, en relación a los estándares establecidos, la normativa local y estrategias bioclimáticas. Los resultados mostraron que la orientación repercute en los valores de confort térmico y lumínico; la mayoría de viviendas no alcanza el rango de confort, y por lo tanto, presentan incomodidad en sus espacios; por otra parte, además de la orientación, el porcentaje de

superficie vidriada influye en los valores de iluminación, es por esta razón, que casos como la vivienda 6 no alcanza los estándares óptimos de iluminación. Los valores que se muestran en la Tabla 4.9 evidencian que la vivienda 5 y la vivienda 6 presentan un desempeño desfavorable, con respecto a las demás viviendas.

SISTESIS DE RESULTADOS - ESTADO ACTUAL																											
ESPECIFICACIONES	REQUERIMIENTO	CRITERIO A EVALUAR POR ESPACIO		Vivienda 1				Vivienda 2				Vivienda 3				Vivienda 4				Vivienda 5				Vivienda 6			
				Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría		Temporada caliente		Temporada fría					
		Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal	Sala-Comedor	Dormitorio principal		
ESTÁNDARES REFERENCIALES	CONFORT	16.62°C - 23.62°C		X	X	X	X	X	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	X	X	✓	✓	X	X
	FLD	5%	4%	X	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	✓	
	REV/H	1.5 rev/h	1 rev/h	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	
NORMATIVA A LOCAL	ILUMINACIÓN	15%		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	✓	
	VENTILACIÓN	5%		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	✓	X	X	X	X	
ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS	ORIENTACIÓN	Fachada de mayor captación este-oeste hasta 23.5° respecto al eje norte-sur		✓ Fachada norte de mayor captación				X Fachada norte de mayor captación				X Fachada north-este de mayor captación				X Fachada norte de mayor captación				X Fachada sur-oeste de mayor captación				X Fachada north-este de mayor captación			
	ORIENTACIÓN	Localización de espacios este-oeste		✓	X	✓	X	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X	X	✓	X	✓	X	X	X	X	X	X	X	
	VIENTO	Fachada de mayor longitud hacia los vientos predominantes (sur-este)		✓	X	✓	X	X	✓	X	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Tabla 4.9. Síntesis de Resultados. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

#### 4.5.2. ANÁLISIS DE TIPOLOGÍA

En la Tabla 4.10 se muestra las ventanas analizadas, la descripción y sus respectivas variaciones en la simulación; las simulaciones se realizaron en las viviendas 5 y 6, las cuales presentaron el peor comportamiento según la primera instancia de simulación. Las simulaciones también evidenciaron que es innecesario el uso de ventilación natural, como recurso para disminuir la temperatura, en temporada fría, por lo que para este análisis se activó la consigna de ventilación.

##### Desempeño Térmico

En este análisis los resultados demostraron que las dos tipologías no presentan incomodidad en temporada caliente en las orientaciones norte y este; sin embargo, al sur, como se observa en la Tabla 4.11, a pesar de que existe incomodidad en el dormitorio principal de la vivienda 6, el malestar no supera ni 1 °C, siendo incomodidad temporal leve. Por otra parte, al oeste, en temporada caliente, se genera malestar temporal leve, pero en temporada fría presenta los valores más bajos en relación a las demás orientaciones. Durante temporada fría el este presenta los valores más altos, alcanzando las 24 horas de incomodidad en el dormitorio principal de la vivienda 5, de igual manera sucede en la vivienda 6 que su dormitorio se ubica en la zona 4 de incomodidad. Al sur evidencia un comportamiento similar al alcanzar la zona 4 de incomodidad en ambos casos.

DESCRIPCIÓN DE VENTANAS - VENTANA TÍPICA DE CUENCA			
MODELO	ESQUEMA	DESCRIPCIÓN	VARIACIONES
TIPOLOGIA 1 (T1)		Ventana rectangular horizontal con un porcentaje de apertura del 50%, posee un coeficiente de forma intermedia, $>1/2$ y $<1$ . Esta ventana esta compuesta por perfilera de hierro y como protecciones solares tiene cortinas de tela. Se encuentra ubicada en la posición central y a media altura y se modificará la orientación de cada vivienda para mejor compresión de la incidencia de esta en la ventana.	Orientación (Norte, Sur, Este y Oeste)
		Ventana rectangular horizontal con un porcentaje de apertura del 33,33%, posee un coeficiente de forma intermedia, $>1/2$ y $<1$ . Esta ventana esta compuesta por perfilera de hierro y como protecciones solares tiene cortinas de tela. Se encuentra ubicada en la posición central y a media altura y se modificará la orientación de cada vivienda para mejor compresión de la incidencia de esta en la ventana.	Orientación (Norte, Sur, Este y Oeste)

Tabla 4.10. Descripción de tipologías. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

GhDT: rango de 0 °C a 22 °C  
 zona 1 y 2: 0 °C a 11 °C  
 zona 3 y 4: 11 °C a 22 °C



DESEMPEÑO TÉRMICO - TIPOLOGÍA																
VIVIENDA	VIVIENDA 5								VIVIENDA 6							
TEMPORADA	Temporada caliente				Temporada fría				Temporada caliente				Temporada fría			
ESPACIO	Sala-Comedor		Dormitorio principal		Sala-Comedor		Dormitorio principal		Sala-Comedor		Dormitorio principal		Sala-Comedor		Dormitorio principal	
TIPOLOGÍA	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
ORIENTACIÓN	NORTE															
HORAS DE INCOMODIDAD					14 horas	14 horas	16 horas	16 horas					9 horas	9 horas	8 horas	8 horas
FDT					58,38 %	58,38 %	66,72 %	66,72 %					37,50 %	37,50 %	33,33 %	33,33 %
GhDT					8,35 °	8,13 °	11,88 °	11,66 °					3,71 °	3,74 °	3,00 °	3,04 °
ZONA DE INCOMODIDAD					Zona 2	Zona 2	Zona 4	Zona 4					Zona 1	Zona 1	Zona 1	Zona 1
ORIENTACIÓN	SUR															
HORAS DE INCOMODIDAD					13 horas	13 horas	20 horas	20 horas			4 horas	4 horas	15 horas	14 horas	18 horas	18 horas
FDT					54,21 %	54,54 %	83,40 %	83,40 %			16,66 %	16,66 %	62,50 %	58,33 %	75,00 %	75,00 %
GhDT					7,82 °	7,53 °	16,55 °	16,62 °			0,11 °	0,15 °	9,55 °	9,48 °	11,53 °	11,60 °
ZONA DE INCOMODIDAD					Zona 2	Zona 2	Zona 4	Zona 4			Zona 1	Zona 1	Zona 2	Zona 2	Zona 4	Zona 4
ORIENTACIÓN	ESTE															
HORAS DE INCOMODIDAD					14 horas	14 horas	24 horas	24 horas					15 horas	15 horas	20 horas	20 horas
FDT					58,38 %	58,38 %	100,00 %	100,00 %					62,50 %	62,50 %	83,33 %	83,33 %
GhDT					9,22 °	9,15 °	21,67 °	21,61 °					7,57 °	7,62 °	10,83 °	10,94 °
ZONA DE INCOMODIDAD					Zona 2	Zona 2	Zona 4	Zona 4					Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2
ORIENTACIÓN	OESTE															
HORAS DE INCOMODIDAD	3 horas	3 horas	1 hora	1 hora	12 horas	12 horas	12 horas	12 horas	4 horas	3 horas	7 horas	7 horas	10 horas	10 horas	8 horas	8 horas
FDT	12,51 %	12,51 %	4,17 %	4,17 %	50,04 %	50,40 %	50,04 %	50,04 %	16,66 %	12,50 %	29,16 %	29,16 %	41,66 %	41,66 %	33,33 %	33,33 %
GhDT	0,86 °	1,14 °	0,53 °	0,44 °	5,86 °	5,79 °	8,22 °	8,22 °	2,85 °	2,77 °	4,93 °	5,15 °	4,21 °	4,23 °	2,64 °	2,67 °
ZONA DE INCOMODIDAD	Zona 1	Zona 1	Zona 1	Zona 1	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1	Zona 1	Zona 1	Zona 1	Zona 1	Zona 1	Zona 1	Zona 1

Tabla 4.11. Resumen del Análisis del desempeño térmico de tipologías. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.





DESEMPEÑO TÉRMICO - TIPOLOGÍA

VIVIENDA 5

VIVIENDA 6

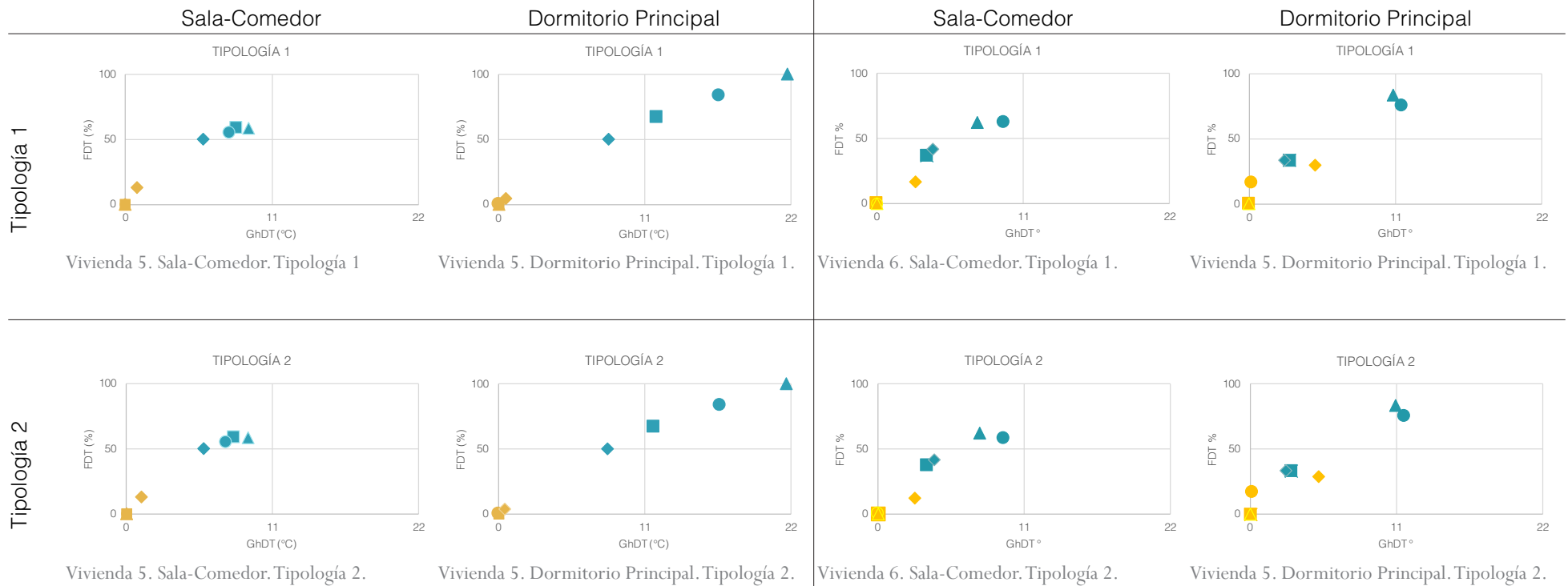


Tabla 4.12. Diagramas de fluctuabilidad. Análisis de desempeño térmico de tipologías. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



El análisis de tipologías evidenció que la orientación es un factor clave para el desempeño térmico de la vivienda; cómo se puede observar en los diagramas de fluctuabilidad (Tabla 4.12), en temporada caliente, las orientaciones norte y sur proporcionan una baja captación solar, lo que permite mantener el confort. Por otra parte, hacia el este es gracias a la dirección del viento predominante, mismo hecho que perjudica en temporada fría; hacia el oeste sucede lo contrario, aumenta la incidencia del sol y por lo tanto la captación solar, en consecuencia, se presenta incomodidad en temporada caliente y disminuye en temporada fría. Es evidente entonces que la mejor orientación debe aprovechar el recurso solar y los flujos de viento predominantes.

Se observa claramente que no existe diferencias significativas entre tipologías, sin embargo, se evidencio que la tipología 1 contribuye de mejor manera a disminuir el malestar en temporada caliente, gracias al porcentaje de apertura del 50%.

### Desempeño Lumínico

En el análisis del desempeño lumínico se pudo evidenciar que no existe diferencias considerables entre tipologías; sin embargo, en la Tabla 4.13 se muestra que la tipología 1 presenta valores superiores a la tipología 2, de igual manera, no existe cambios significativos con respecto a cada orientación, esto se debe al tipo de cielo que se

consideró para las simulaciones; no obstante, los valores más altos se registran hacia el oeste, sobre todo en la vivienda 5 que alcanza el valor de 5.48% de FLD.

Un aspecto importante que mencionar es que la vivienda 5 presenta valores superiores a la vivienda 6, además de que la vivienda 6 no cumple con los estándares óptimos de iluminación, en ninguno de sus espacios.

DESEMPEÑO LUMÍNICO - TIPOLOGÍA				
VIVIENDA	VIVIENDA 5			
ESPACIO	Sala-Comedor		Dormitorio principal	
TIPOLOGÍA	T1	T2	T1	T2
NORTE	5,47 %	5,42 %	4,28 %	4,28 %
SUR	5,48 %	5,43 %	4,33 %	4,34 %
ESTE	5,47 %	5,45 %	4,33 %	4,34 %
OESTE	5,46 %	5,44 %	4,34 %	4,34 %

VIVIENDA	VIVIENDA 6			
ESPACIO	Sala-Comedor		Dormitorio principal	
TIPOLOGÍA	T1	T2	T1	T2
NORTE	3,62 %	3,61 %	3,42 %	3,38 %
SUR	3,61 %	3,60 %	3,39 %	3,37 %
ESTE	3,62 %	3,61 %	3,40 %	3,38 %
OESTE	3,62 %	3,62 %	3,43 %	3,39 %

Tabla 4.13. Resumen del Análisis del desempeño lumínico de tipologías.  
Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

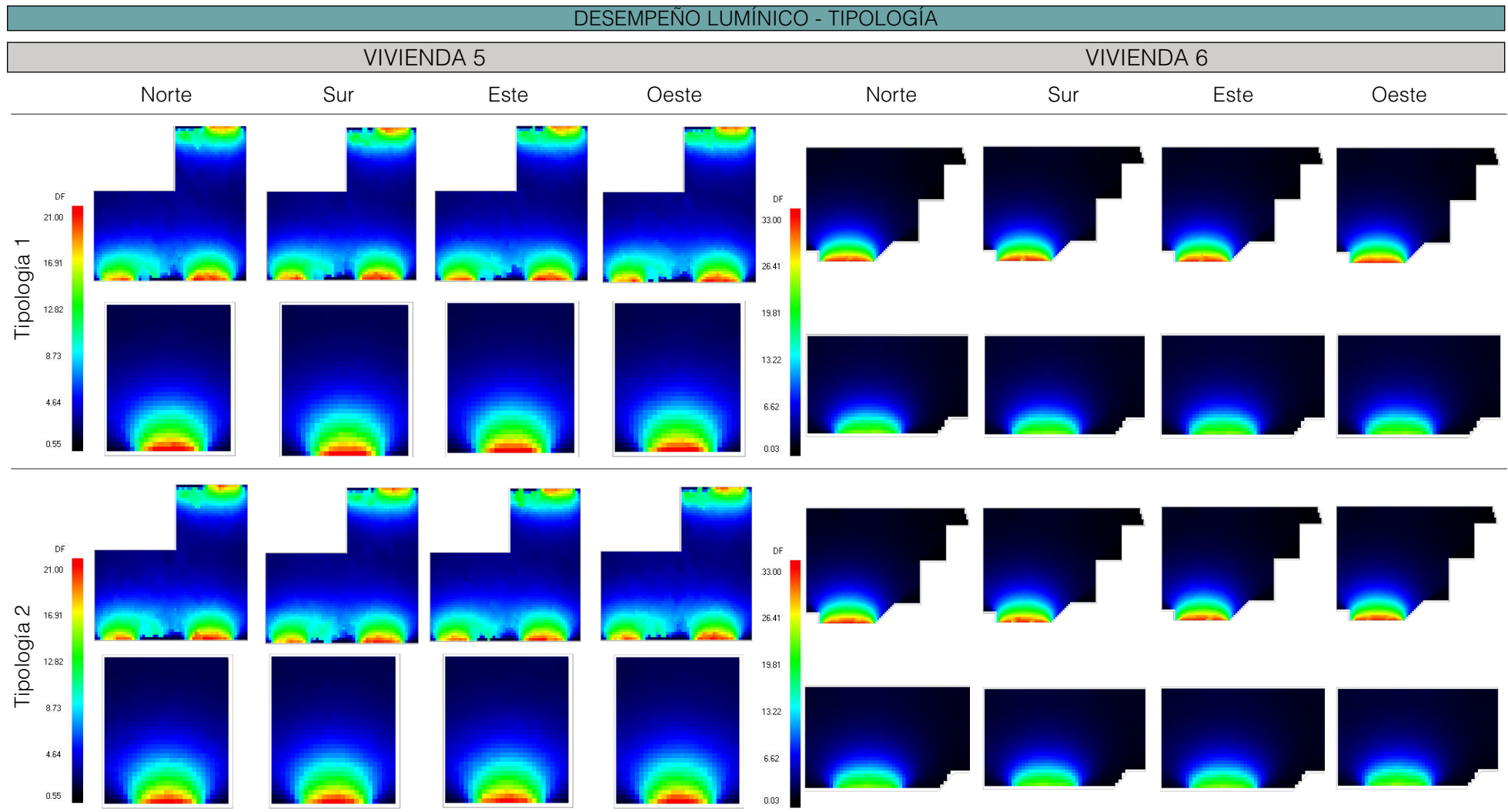


Figura 4.14. Análisis del desempeño lumínico de tipologías. Gráficos de iluminación. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



La tipología 1 presenta valores superiores a la tipología 2, debido a que la tipología 2 cuenta con una división más en el marco, con el propósito de generar una apertura del 33.33%, esto disminuye la superficie vidriada y por lo tanto la cantidad de luz que ingresa al espacio.

Otro aspecto que se analizó, tal como se observa en los gráficos de iluminación (Tabla 4.14), la orientación de las ventanas no presenta cambios significativos en la distribución de luz, por otra parte, la posición y forma que presentan las tipologías no contribuye en este propósito, ya que la incidencia de luz no alcanza toda la superficie de los espacios.

Por otra parte, la diferencia que existe entre las dos viviendas se debe a la superficie vidriada que presentan los espacios, además de la cantidad de ventanas; este hecho perjudica a la vivienda 6 al no alcanzar los estándares óptimos de iluminación.

**Calidad del Aire**

De acuerdo al análisis de calidad del aire, se puede observar en la Tabla 4.15 que el intercambio de aire se genera cuando existe incomodidad, en este caso, las mayores renovaciones de dan al oeste.

En este análisis es evidente la diferencia que existe entre tipologías; la tipología 1 presenta mayores renovaciones

que la tipología 2, por lo que satisface con los valores presentados en la normativa en todos los espacios en donde se ubica; situación contraria sucede con la tipología 2, que no cumple la normativa en el dormitorio principal de la vivienda 6.

CALIDAD DEL AIRE - TIPOLOGÍA				
VIVIENDA	VIVIENDA 5			
ESPACIO	Sala-Comedor		Dormitorio principal	
TIPOLOGÍA	T1	T2	T1	T2
NORTE	0,00	0,00	0,00	0,00
SUR	0,00	0,00	0,00	0,00
ESTE	0,00	0,00	0,00	0,00
OESTE	4,26	2,85	1,41	1,33

VIVIENDA	VIVIENDA 6			
ESPACIO	Sala-Comedor		Dormitorio principal	
TIPOLOGÍA	T1	T2	T1	T2
NORTE	0,00	0,00	0,00	0,00
SUR	0,00	0,00	1,98	0,00
ESTE	0,00	0,00	0,00	0,00
OESTE	4,28	4,17	1,13	0,74

Tabla 4.15. Resumen del Análisis de la calidad de aire de tipologías.  
Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

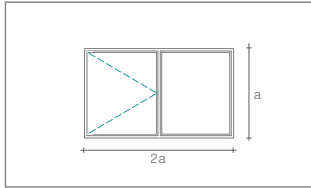
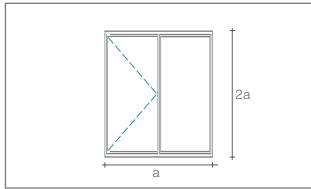
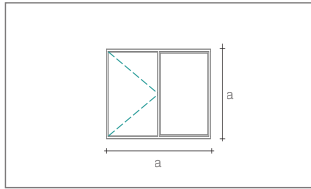


Como resultado final del análisis de tipologías se evidenció que las tipologías de ventana (ventana típica de Cuenca) no presenta un adecuado desempeño con respecto al confort térmico y lumínico; sin embargo, se obtuvieron tres consideraciones sobre la orientación y el porcentaje de ventilación:

- La orientación que posean las ventanas debe aprovechar la radiación directa proveniente del este y el oeste, además de los vientos predominantes del este.
- El porcentaje de ventilación que puede garantizar un óptimo intercambio del aire es del 50% de apertura de la ventana.

#### 4.5.3. ANÁLISIS DE MODELOS

El análisis de tipologías evidenció que la ventana típica de Cuenca (obtenida en el Capítulo III) no presenta un buen comportamiento, razón por la cual fué necesario proponer modelos de ventanas (horizontal, vertical y cuadrada) en los cuales se experimentó, la posición de la ventana en la pared y orientación, con el fin de evaluar la insidencia y la relación de estas variables sobre la forma de cada modelo. En la Tabla 4.16 se puede observar cada modelo de ventana, su descripción y las variaciones correspondientes; se realizaron 48 variaciones y un total de 480 simulaciones por vivienda, las cuales se puede observar en detalle en el Anexo 06.

DESCRIPCIÓN DE VENTANAS - MODELOS			
MODELO	ESQUEMA	DESCRIPCIÓN	VARIACIONES
MODELO 1 (M1)		Ventana rectangular horizontal con un porcentaje de apertura del 50%, posee un coeficiente de forma horizontal, $\leq 1/2$ . Esta ventana esta compuesta por perfilera de PVC y como protecciones solares tiene cortinas de tela.	Orientación (Norte, Sur, Este y Oeste) Posición 1, 2, 3* y 4**
		Ventana rectangular vertical con un porcentaje de apertura del 50%, posee un coeficiente de forma intermedia, $>1$ y $\leq 2$ . Esta ventana esta compuesta por perfilera de PVC y como protecciones solares tiene cortinas de tela. Las variables de posición y orientación se modificarán para entender la incidencia de estas en la ventana.	Orientación (Norte, Sur, Este y Oeste) Posición 1, 2, 3 y 4**
MODELO 3 (M3)		Ventana cuadrada con un porcentaje de apertura del 50%, posee un coeficiente de forma de 1. Esta ventana esta compuesta por perfilera de PVC y como protecciones solares tiene cortinas de tela. Las variables de posición y orientación se modificarán para entender la incidencia de estas en la ventana.	Orientación (Norte, Sur, Este y Oeste) Posición 1, 2, 3 y 4**

\* Posicion 3: Se amplía el largo de la ventana de pared a pared del espacio, disminuyendo el alto para mantener el porcentaje de superficie vidriada de cada espacio

\*\* En la posicion 4: Se aumenta el porcentaje de superficie vidriada en cada espacio para lograr las dimensiones que alcance esta posicion

Tabla 4.16. Descripción de modelos. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

## Desempeño Térmico

Los resultados obtenidos en la evaluación del desempeño térmico se interpretan, a manera de síntesis, en la Tabla 4.17, en la cual se puede identificar las situaciones de mejor y peor comportamiento, los resultados de todas las simulaciones de muestran en el Anexo 06. Además, para ejemplificar se muestran los diagramas de fluctuabilidad (Figura 4.5) del dormitorio principal de la vivienda 6, orientado hacia el oeste.

El análisis del desempeño térmico de los modelos de ventana rectificó los resultados sobre orientación definidos en el análisis de tipologías, en el cual se evidencia que la orientación este - oeste favorece a un correcto rendimiento, en ambas temporadas; sin embargo se debe tener en cuenta que las orientaciones norte y sur, que si bien no generan incomodidad en temporada caliente, en temporada fría los valores alcanzan la zona 4 de incomodidad al no recibir radiación solar directa, no obstante, para iluminación estas orientaciones proporcionan radiación difusa, que de igual manera permiten la iluminación natural en los espacios.

De acuerdo al modelo de ventana, se evidenció que el modelo 1 presenta un mejor rendimiento, con respecto a las diferentes orientaciones y posiciones, debido a que por su forma y proporción permite que la radiación solar abarque toda la longitud del espacio, a pesar, de que

el modelo 3 tiene un comportamiento similar, una forma cuadrada no abarca toda la longitud, es necesario que que existe mas de una ventana. Por su parte, para el uso del modelo 2 fué necesario incorporar más de una ventana para mantener el porcentaje de superficie vidriada, y de esta manera generar un comportamiento aceptable en el espacio, razón por la cual se considera que este modelo presenta el que peor comportamiento, ya que no favorece a la captación solar, produciendo mayor malestar.

Con respecto a la posición en la pared que pueden tener las ventanas, se observa en la Tabla 4.17, que existe una constante en el comportamiento, la posición 4 (piso-techo) es la que presenta el mejor comportamiento, debido a la superficie vidriada, como se puede observar también en los diagramas de fluctuabilidad (Figura 4.5), por el contrario, la posición 3 (en lo alto del cerramiento) genera el peor rendimiento, considerando el clima de la ciudad, es decir en temporada fría, ya que para climas calurosos resultaría una posición adecuada.

Cabe agregar que el índice de GhDT para el diagrama de fluctuabilidad oscila entre los valores de 0 °C a 27 °C, para las dos viviendas.

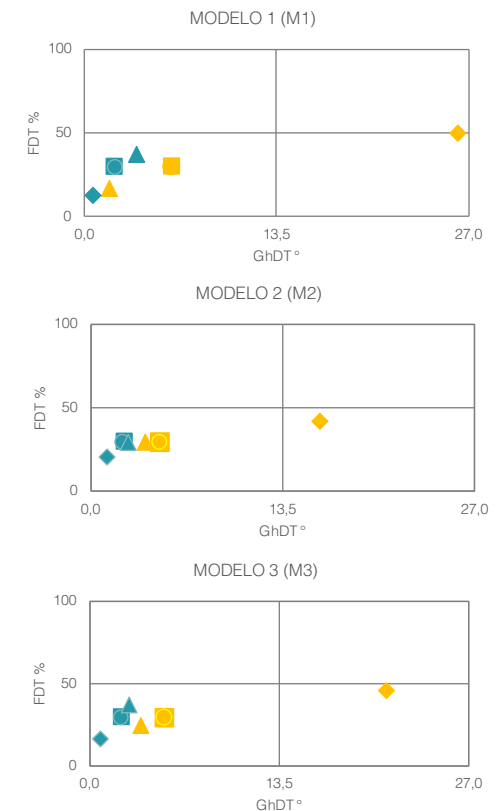
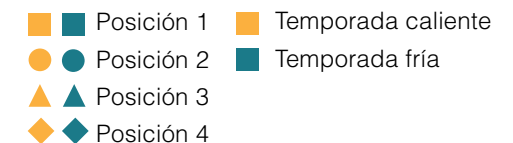


Figura 4.5. Diagramas de Fluctuabilidad. Modelos. Vivienda 5. Dormitorio Principal. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis







SÍNTESIS DE RESULTADOS DESEMPEÑO TÉRMICO - MODELOS

ORIENTACIÓN	POSICIÓN	VIVIENDA 5												VIVIENDA 6											
		Temporada caliente						Temporada fría						Temporada caliente						Temporada fría					
		Sala-Comedor			Dormitorio principal			Sala-Comedor			Dormitorio principal			Sala-Comedor			Dormitorio principal			Sala-Comedor			Dormitorio principal		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
NORTE	P1																								
	P2																								
	P3																								
	P4																								
SUR	P1																								
	P2																								
	P3																								
	P4																								
ESTE	P1																								
	P2																								
	P3																								
	P4																								
OESTE	P1																								
	P2																								
	P3																								
	P4																								

Tabla 4.17. Resumen del Análisis de desempeño térmico de modelos. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

 Sin incomodidad     Mejor Desempeño     Peor Desempeño

MODELO (respecto a la forma)

M1: ventana rectangular horizontal

M2: ventana rectangular vertical

M3: ventana cuadrada

POSICIÓN (posición de la ventana en la pared)

P1: posición central a media altura

P2: posición central hacia una esquina

P3: posición en lo alto del cerramiento

P4: posición piso-techo

### Desempeño Lumínico

Con el objetivo de realizar un análisis comparativo, se puede observar en la Tabla 4.18, diferentes aspectos por los cuales difiere la iluminación en los espacios, entre los cuales es la forma de los espacios; la sala-comedor de la vivienda 5, siendo un espacio de disposición quebrada y el dormitorio principal de la vivienda 6 con una extensión de cuatro caras. Además, de manera general se puede observar que la sala-comedor de la vivienda 5 posee 3 ventanas, lo que contribuye a una adecuada distribución de la luz, caso contrario sucede en la vivienda 6. Mientras que, una ventana en espacios regulares, como es el caso de los dormitorios de ambas viviendas, es suficiente para alcanzar los estándares de confort.

Por otra parte, en cuanto a la forma de la ventana, se evidenció que el modelo 1 presenta el mejor desempeño lumínico, ya que proporciona una adecuada incidencia de luz al espacio, por otra parte, el modelo 2 genera el peor comportamiento al presentar contrastes en el espacio, debido a que por su proporción, para mantener el porcentaje de superficie vidriada, es necesario más de una ventana. La posición que tengan las ventanas influye de manera directa en la calidad de iluminación y en la distribución de la luz. La posición 1 satisface estos dos aspectos como se muestra en la Tabla 4.18, sin embargo, las demás posiciones se contraponen en lograr este cometido.

La posición 3 distribuye de manera homogénea la luz, pero no alcanza estándares óptimos, por el contrario, la posición 4 alcanza altos niveles de iluminación, que puede generar molestias por el resplandor, y de esta manera presentar incómodidad visual causada por la luz muy brillante como el de la luz solar directa, como estipula el autor Lawrence, (2006); esto muestra la necesidad de protecciones solares para tener control de la incidencia del sol

### Calidad del Aire

En esta instancia de simulación, las renovaciones de aire que se generan están relacionadas con la incomodidad que presentan los espacios en temporada caliente. Al no necesitar disminuir la temperatura, no se producen las renovaciones o estas son mínimas, por lo que no se puede analizar el cumplimiento de la normativa. No obstante, se da sentado que el 50% de apertura garantiza un adecuado intercambio de aire.

De acuerdo a las diferentes posiciones de la ventana se evidenció que la posición 4 es la que mayores renovaciones genera, debido al área que presenta; a diferencia de la posición 3 que produce el menor número de renovaciones, respecto a las demás posiciones.

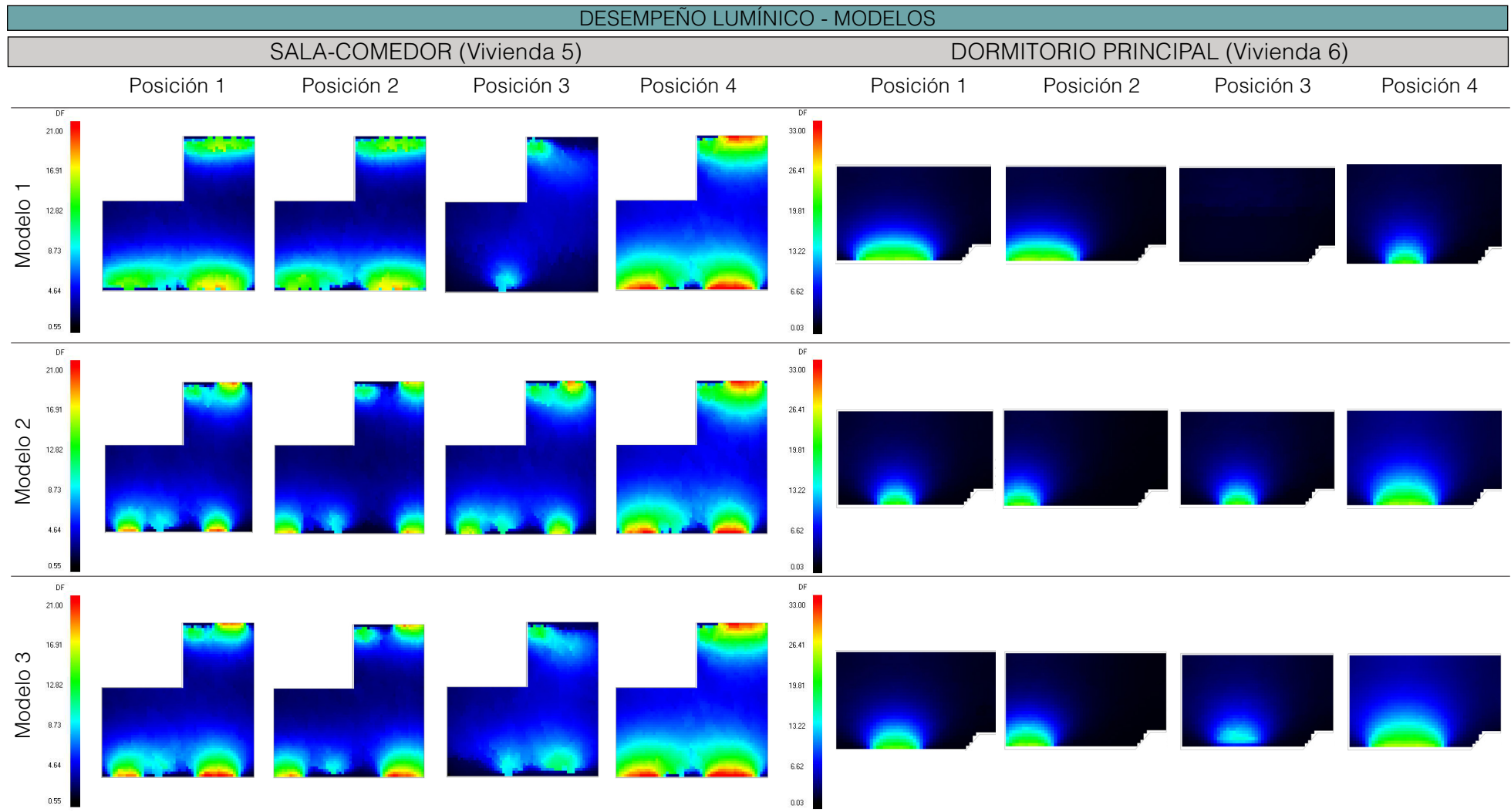


Tabla 4.18. Análisis del Desempeño Lumínico de modelos. Gráficos de iluminación. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis

	DESEMPEÑO TÉRMICO	DESEMPEÑO LUMÍNICO	CALIDAD DEL AIRE
NORTE	No existe incomodidad durante temporada caliente, mientras que, en temporada fría, los espacios presentan malestar, debido a la poca incidencia del sol, lo que genera incomodidad temporal leve y frecuente leve. La vivienda 6, sin embargo, tiene un mejor comportamiento respecto a la vivienda 5.	No se genera un buen comportamiento lumínico, sin embargo, recibe radiación solar difusa.	Al no presentar incomodidad no se genera renovaciones.
SUR	En temporada caliente, los espacios presentan incomodidad temporal leve en la mayoría de las situaciones, sin embargo, con vanos piso techo puede alcanzar incomodidad frecuente intensa. Por su parte en temporada fría los espacios presentan más de doce horas de incomodidad. Y lo contrario sucede con vano piso techo, ya que ayudan a disminuir la frecuencia de incomodidad.	Existe un buen comportamiento siempre y cuando se utilice una forma cuadrada de ventana, además, recibe radiación solar difusa.	Existen intercambios de aire, en cada uno de los espacios, superando el mínimo establecido de renovaciones, además ayuda a disminuir o hasta eliminar el malestar térmico.
ESTE	En temporada caliente los espacios no presentan incomodidad térmica, no obstante, al utilizar vanos piso techo existe la posibilidad de generar incomodidad temporal leve. En temporada fría se genera incomodidad térmica en todos los casos, el peor comportamiento se da con vanos en lo alto del cerramiento, por el contrario, los vanos piso techo ayudan a disminuir la incomodidad.	Brinda un buen desempeño al recibir radiación solar directa, sin embargo, no es el óptimo.	La ventilación natural ayuda a eliminar la incomodidad térmica en los espacios.
OESTE	En temporada caliente existe incomodidad temporal leve, sin embargo, con vanos piso techo el malestar aumenta. Por el contrario, en temporada fría, esta orientación es la que mejor resultados presenta ya que disminuye la incomodidad con respecto a las demás orientaciones.	Esta orientación genera un buen comportamiento, en todas las formas y posiciones de ventana, debido a que recibe radiación solar directa en las horas de la tarde, para posteriormente liberarla en las horas de la noche.	El intercambio de aire se produce en mayor volumen, con respecto a las demás orientaciones, ya que en temporada caliente es la que mayor incomodidad presenta.

Tabla 4.19. Resumen del Análisis del desempeño. Orientación. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



## DESEMPEÑO TÉRMICO

## DESEMPEÑO LUMÍNICO

## CALIDAD DEL AIRE

## MODELO 1

Este modelo en temporada caliente, en la mayoría de situaciones, no genera malestar térmico. Sin embargo, cuando lo hace es incomodidad temporal leve. En temporada fría de igual forma presenta incomodidad, alcanzando un malestar frecuente intenso al sur y al este; esta situación empeora cuando la ventana se ubica en lo alto del cerramiento.

Este modelo cumple con los estándares en la posición central a media altura y con vanos piso techo. Además de brindar una buena incidencia de luz al espacio.

Es el modelo que mayores renovaciones genera, con respecto a los demás.

## MODELO 2

En temporada caliente existe un buen desempeño cuando las ventanas se orientan al norte y al este; mientras que al sur y al oeste presenta incomodidad temporal leve. Cabe agregar que el malestar aumenta cuando se utiliza vanos piso techo. En temporada fría el malestar se genera en todas las orientaciones y posiciones, no obstante, la incomodidad aumenta con vanos en lo alto del cerramiento y disminuye con vanos piso techo.

Cumple con los estándares cuando se ubica como vano piso techo. La distribución de luz, con este modelo, no es uniforme por lo que genera contrastes en el espacio.

Es el modelo que menor renovaciones genera, ya que esta forma, durante temporada caliente, presenta menor incomodidad, y por lo tanto menor es la necesidad de apertura de las ventanas.

## MODELO 3

Durante la temporada caliente, las ventanas orientadas hacia el norte y este no generan malestar. Por el contrario, en las demás orientaciones presentan incomodidad temporal leve, y de la misma manera los vanos piso techo aumentan la incomodidad a frecuente intenso. En temporada fría se genera mayor incomodidad cuando las ventanas se orientan hacia el sur y este, además presentan un comportamiento similar a los demás modelos cuando se ubican en lo alto del cerramiento y con vanos piso techo.

Este modelo cumple con los estándares en la posición con vanos piso techo. Tiene un comportamiento similar al modelo 1, sin embargo, su forma no contribuye a que la luz abarque todo el espacio.

El modelo 3 tiene un comportamiento similar al modelo 1, sin embargo, no alcanza los valores de este.

Tabla 4.20. Resumen del Análisis de desempeño. Modelo. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

	DESEMPEÑO TÉRMICO	DESEMPEÑO LUMÍNICO	CALIDAD DEL AIRE
POSICIÓN 1	Esta posición, en temporada caliente, no supera la incomodidad temporal leve. Caso contrario sucede en temporada fría que alcanza la incomodidad frecuente intensa.	En esta posición el modelo 1 cumple con los estándares requeridos, no obstante, el modelo 2 no alcanza los mismo. Por otro lado el modelo 3 cumple únicamente en la vivienda 5.	Al mantener una incomodidad temporal leve en esta posición, las renovaciones no superan las generadas por la posición 4, sin embargo, son valores que cumplen con los estándares de la normativa.
POSICIÓN 2	Esta posición se comporta de manera similar que la posición 1.	Esta posición supera el mínimo establecido solo en la vivienda 5, con el modelo 1.	Se genera un comportamiento similar a la posición 1.
POSICIÓN 3	En temporada caliente presenta menor incomodidad con respecto a las demás posiciones, mientras que en temporada fría el malestar aumenta en frecuencia y grados horas	No cumple los estándares con ninguna forma de ventana, sin embargo, ayuda a que la distribución de luz sea más homogénea. El mejor desempeño se da con el modelo 1 y 3.	En esta posición, las ventanas con forma horizontal y cuadrada, disminuyen las renovaciones en los espacios.
POSICIÓN 4	Presenta mayor incomodidad en temporada caliente, por lo contrario, en temporada fría ayuda a disminuir el malestar.	Esta posición cumple los estándares con cualquier forma de ventana, no obstante se genera contrastes de luz en el espacio, por lo que puede presentar deslumbramiento.	Debido al malestar que se produce en temporada caliente esta posición es la que mayores renovaciones genera.

Tabla 4.21. Resumen del Análisis de desempeño. Posición. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.





### 4.5.3. ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES

#### Superficie Vidriada

El porcentaje de superficie vidriada se analizó a partir del estado actual de las viviendas, se identificó si las viviendas cumplen con el 15% establecido en el P.O.T, además, si el porcentaje que poseen permite alcanzar los estándares de iluminación. En la Tabla 4.15. se muestra el porcentaje de superficie vidriada que se consideró en cada instancia de simulación y la influencia que tiene en el desempeño. En el caso de la vivienda 5 es claro que los espacios superan el 15%, lo que permite cumplir con los estándares, además, de poseer mejores niveles de iluminación con respecto a la vivienda 6, debido a esta situación se decidió mantener el porcentaje del estado actual en las demás simulaciones; aso contrario sucede en la la sala-comedor de la vivienda 6 que tiene el 9% lo, por esta razón se aumentó el porcentaje al 15%; el dormitorio principal de esta vivienda, por su parte, mantuvo el porcentaje inicial.

En el desarrollo de las simulaciones se pudo observar las variaciones en la iluminación, de acuerdo al espacio, al modelo y la posición de la ventana; por lo que este análisis permitió entender tres situaciones, la primera que el porcentaje de superficie vidriada del 15%, establecida por el P.O.T, es insuficiente para alcanzar estándares óptimos de iluminación, el porcentaje adecuado oscila

entre un rango del 18% al 27%, segundo, que el porcentaje de superficie vidriada debería variar de acuerdo a la disposición del espacio (forma), si este es irregular necesita mayor superficie vidriada, considerando los resultado de la sala-comedor de ambas viviendas. Y, por último, una forma rectangular vertical y cuadrada necesita mayor superficie vidriada, con respecto a la horizontal; de igual manera sucede con la posición 3 (en lo alto del cerramiento), respecto a la posición 1 y 2. Cabe agregar que la posición 4 (piso – techo) debido a su proporción necesita mayor superficie vidriada, esta puede llegar alcanzar el 50% al 60% (Tabla 4.22).

El análisis se realizó a partir de un espacio regular, como es el dormitorio principal de ambas viviendas, con el 18% de superficie vidriada y con una ventana horizontal; la vivienda 5 como se observa en la Tabla 4.22 cumple con los estándares, pero la vivienda 6 no alcanza el 5% de FLD, por lo tanto, se aumentó el porcentaje al 20%, valor que se tomó como referencia y punto de partida del Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos; con este porcentaje se cumplió satisfactoriamente los estándares en la posición 1 y 2.

El 20% se estableció como porcentaje de referencia para las demás evaluaciones, como se observa en la Tabla 4.23; para una ventana vertical, al no alcanzar los estándares con el 20% se decidió aumentar el porcentaje al 25%, lo que permito cumplir con los valores referenciales de

iluminación en la posición 1, pero, en la posición 2 se debía aumentar un 5% más, es decir al 30%. Las ventanas de forma vertical, por su proporción, puede distribuirse, el mismo porcentaje, en más de una ventana por pared. Una ventana cuadrada tiene un comportamiento similar que una horizontal, por lo que requiere un 20% de superficie vidriada; es pertinente aclarar que por la forma de la ventana se puede distribuir el porcentaje de superficie vidriada en más de una ventana o aumentar al 30%. Cabe agregar que, con cualquier forma de ventana, en la posición 3, en lo alto del cerramiento, se debe aumentar el porcentaje para poder garantizar niveles adecuados de iluminación. De acuerdo a las simulaciones realizadas se puede considerar el doble del porcentaje, como se observa en la Tabla 4.23; de igual manera presenta la posición 4, como ya se menciono.

En el caso de la sala-comedor de ambas viviendas, es evidente que presentan una forma irregular (disposición quebrada o doble quebrada), por lo que los porcentajes para un espacio regular no satisficieron los estándares requeridos. En este mismo sentido, se probó aumentando del 3% al 10% en cada caso, como se observa en la Tabla 4.18. Es importante mencionar que en la vivienda 6 no cumplía los estandares con una sola ventana, como tiene en estado actual, por lo que fue necesario aumentar una ventana opuesta, con el fin de establecer que ventanas opuestas ayudan significativamente a este tipo de espacio.

PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA																
VIVIENDA	ESPACIO	ESTADO ACTUAL					TIPOLOGÍA*					MODELOS**				
		FLD	Temp. Caliente		Temp. Fría		FLD	Temp. Caliente		Temp. Fría		FLD	Temp. Caliente		Temp. Fría	
			FDT	GhDT	FDT	GhDT		FDT	GhDT	FDT	GhDT		FDT	GhDT	FDT	GhDT
Vivienda 5	Sala-comedor	27%					27%					27%				
		5,52%	4,17%	0,01 °	58,38%	9,18 °	5,46%	12,51%	0,86 °	50,04%	5,86 °	5,72%	12,51%	1,12 °	50,04%	5,66 °
	Dormitorio principal	18%					18%					18%				
		4,23%	4,17%	0,40 °	70,89%	15,09 °	4,34%	4,17%	0,53 °	50,04%	8,22 °	4,45%	4,17%	0,53 °	50,04%	8,18 °
Vivienda 6	Sala-comedor	9%					15%					15%				
		2,62%	0,00%	0,00 °	66,67%	8,35 °	3,63%	16,67%	2,96 °	41,67%	4,21 °	4,54%	29,17%	7,30 °	37,50%	3,47 °
	Dormitorio principal	15%					15%					15%				
		4,36%	0,00%	0,00 °	70,83%	6,65 °	3,40%	29,17%	4,94 °	33,33%	2,64 °	4,20%	29,17%	6,21 °	29,17%	2,27 °

\* Los datos del análisis de tipologías son en la orientación oeste con la tipología 1.

\*\* Los datos del análisis de modelos son en la orientación oeste, con el modelo 1 y la posición 1.

Tabla 4.22. Porcentajes de superficie vidriada, resumen de las simulaciones. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



## PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA

VIVIENDA	ESPACIO	POSICIÓN	MODELO 1					MODELO 2					MODELO 3				
			FLD	Temp. Caliente		Temp. Fría		FLD	Temp. Caliente		Temp. Fría		FLD	Temp. Caliente		Temp. Fría	
				FDT	GhDT	FDT	GhDT		FDT	GhDT	FDT	GhDT		FDT	GhDT	FDT	GhDT
Vivienda 5	Sala-comedor	P1	23%					30%					27%				
			5,03%	12,51%	0,96 °	50,04%	6,49 °	3,65%	4,17%	0,60 °	54,21%	6,86 °	5,04%	12,51%	2,14 °	50,04%	5,84 °
		P2	23%					30%					27%				
			4,90%	12,51%	0,80 °	50,04%	6,53 °	2,98%	4,17%	0,27 °	54,21%	7,13 °	4,54%	12,51%	1,25 °	50,04%	5,98 °
		P3	27%					30%					27%				
			3,84%	12,51%	2,13 °	50,04%	6,45 °	3,65%	4,17%	0,60 °	54,21%	6,86 °	4,63%	12,51%	1,56 °	50,04%	6,29 °
	Dormitorio principal	P1	20%					25%					20%				
			5,05%	12,51%	0,99 °	50,04%	7,72 °	4,01%	16,68%	2,49 °	45,87%	6,86 °	4,50%	4,17%	1,00 °	50,04%	7,57 °
		P2	20%					30%					30%				
			4,88%	12,51%	1,01 °	50,04%	7,68 °	4,41%	16,68%	4,25 °	41,70%	5,52 °	5,65%	16,68%	4,27 °	41,70%	5,77 °
		P3	40%					25%					30%				
			5,10%	20,85%	6,88 °	41,70%	5,63 °	4,01%	16,68%	2,49 °	45,87%	6,86 °	4,84%	20,85%	3,48 °	45,87%	6,82 °
Vivienda 6	Sala-comedor	P1	23%					30%					27%				
			5,16%	29,19%	9,47 °	33,36%	3,23 °	5,01%	25,02%	6,70 °	37,53%	4,14 °	4,44%	20,85%	4,75 °	41,70%	4,73 °
		P2	23%					30%					27%				
			5,16%	29,19%	9,47 °	33,36%	3,23 °	4,76%	29,19%	6,51 °	37,53%	4,00 °	4,25%	20,85%	4,88 °	41,70%	4,54 °
		P3	23%					30%					27%				
			5,16%	29,19%	9,47 °	33,36%	3,23 °	5,01%	25,02%	6,70 °	37,53%	4,14 °	5,11%	20,85%	4,48 °	41,70%	4,56 °
	Dormitorio principal	P1	20%					25%					20%				
			5,20%	37,53%	9,67 °	25,02%	1,77 °	4,85%	41,70%	12,67 °	25,02%	1,49 °	4,18%	25,02%	8,41 °	25,02%	1,82 °
		P2	20%					30%					30%				
			4,89%	37,53%	9,26 °	25,02%	1,78 °	5,21%	41,70%	15,69 °	20,85%	1,21 °	6,28%	41,70%	16,25 °	20,85%	1,22 °
		P3	40%					25%					30%				
			8,93%	45,87%	20,10 °	20,85%	1,02 °	4,85%	41,70%	12,67 °	25,02%	1,49 °	6,01%	37,53%	13,11 °	25,02%	1,67 °

Tabla 4.23. Porcentajes de superficie vidriada, propuestas por espacio, modelo y posición. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



## Componentes Físicos

Previamente se realizó el análisis de la materialidad del marco y el comportamiento que tiene con respecto a los diferentes materiales que existen en el medio (Anexo 05), lo que corroboró que el marco representa menos del 10% del desempeño de la ventana; sin embargo, es claro que se debe evitar infiltraciones de aire por este componente, una solución es la ruptura del puente térmico; en la Tabla 4.24. se puede observar el comportamiento de un marco de aluminio con ruptura del puente térmico, los valores resultan favorecedores. Por el contrario, cuando se requiere evitar ganancias excesivas de calor, el uso de protecciones solares permite controlar la radiación solar, como se muestra en la Tabla 4.25 es necesario que sean móviles para no perjudicar el confort en temporada fría.

Por otro lado, la elección del tipo de vidrio depende de las necesidades del usuario y las actividades que se realicen en los espacios, en la Tabla 4.26 se muestra los diferentes tipos de vidrio; el vidrio con tinte y reflectivo inciden en el desempeño térmico y lumínico; los valores de FDT y GhDT en temporada caliente disminuyen, mientras que, en temporada fría los valores aumentan considerablemente; situación similar se da con el porcentaje de FLD; estos tipos de vidrio impiden el paso de los rayos solares. El doble vidrio ayuda a disminuir la incomodidad en temporada fría, sin embargo, en temporada caliente aumenta al doble la incomodidad, a pesar de esto es un recurso que permite el aislamiento y promueve la hermeticidad.

DESEMPEÑO CARPINTERÍA										
VIVIENDA	TEMPORADA	ESPACIO	VENTANAS	Aluminio			Aluminio con Ruptura del Puente Térmico			
				FDT	GhDT	FLD	Valor U	FDT	GhDT	FLD
Vivienda 5	Temporada caliente	Sala-Comedor	V5.1 - V5.2 - V5.3 - V5.4	4,17 %	0,07 °	5,52 %	5.014	4,17 %	0,06 °	5,52 %
		Dormitorio principal	V5.10	8,34 %	0,53 °	4,23 %		8,34 %	0,53 °	4,23 %
	Temporada fría	Sala-Comedor	V5.1 - V5.2 - V5.3 - V5.4	58,38 %	9,15 °			58,38 %	9,12 °	
		Dormitorio principal	V5.10	70,89 %	15,03 °			7,89 %	15,02 °	

Tabla 4.24. Análisis de puente térmico en el marco de la ventana. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

DESEMPEÑO PROTECCIONES SOLARES										
VIVIENDA	TEMPORADA	ESPACIO	VENTANAS	Sin Protecciones Solares			Con Protecciones Solares			
				FDT	GhDT	FLD	Valor U	FDT	GhDT	FLD
Vivienda 5	Temporada caliente	Sala-Comedor	V5.1 - V5.2 - V5.3 - V5.4	4,17 %	0,05 °	5,52 %	5.871	0,00 %	0,00 °	3,41 %
		Dormitorio principal	V5.10	8,34 %	0,52 °	4,23 %		0,00 %	0,00 °	2,58 %
	Temporada fría	Sala-Comedor	V5.1 - V5.2 - V5.3 - V5.4	58,38 %	9,02 °			66,72 %	11,55 °	
		Dormitorio principal	V5.10	70,89 %	14,98 °			75,06 %	15,78 °	

Tabla 4.25. Análisis de protecciones solares. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



## DESEMPEÑO VIDRIO

VIVIENDA	TEMPORADA	ESPACIO	VENTANAS	Vidrio Simple			Vidrio con Tinte				Doble Vidrio - Cámara de Aire			
				FDT	GhDT	FLD	Valor U	FDT	GhDT	FLD	Valor U	FDT	GhDT	FLD
Vivienda 5	Temporada caliente: 1 de Febrero	Sala-Comedor	V5.1 - V5.2 - V5.3 - V5.4	4,17 %	0,05 °	5,52 %	5.871	0,00 %	0,00 °	2,24 %	5.871	8,34 %	0,18 °	4,55 %
		Dormitorio P.	V5.10	8,34 %	0,52 °	4,23 %		8,34 %	0,50 °	1,92 %		20,85 %	0,63 °	3,83 %
	Temporada fría: 21 de Junio	Sala-Comedor	V5.1 - V5.2 - V5.3 - V5.4	58,38 %	9,02 °			66,72 %	11,47 °			58,38 %	8,21 °	
		Dormitorio P.	V5.10	70,89 %	14,98 °			83,40 %	16,54 °			70,89 %	13,87 °	

Tabla 4.26. Análisis del tipo de vidrio. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

En relación al análisis efectuado se logró entender la incidencia de los componentes físicos, las características y las variables de las ventanas en los espacios de la vivienda. La adecuada aplicación de los mismos, pueden contribuir o perjudicar el desempeño de la ventana en la calidad del ambiente interior.

De acuerdo al análisis de los componentes se evidenció que el material del marco que menor coeficiente U posea, tendrá un mejor desempeño térmico; en este caso es el PVC. La adecuada aplicación del vidrio depende de las necesidades que presente cada espacio; y de igual manera el uso protecciones solares, ya que cualquier tipo tiene como objetivo el control solar.

Los componentes por si solos no garantizan un desempeño óptimo, por lo que es necesario que otros factores intervengan, como es el caso de las características de las ventanas y las variables que inciden en estas. Las simulaciones evidenciaron que el comportamiento de las ventanas resulta satisfactorio cuando estos factores se combinan, de esta manera se obtuvo que:

- Una adecuada orientación de ventanas permite una correcta aplicación de estrategias pasivas. En Cuenca, el este favorece la ventilación natural, por la dirección del viento predominante; y por su parte, el oeste brinda mayor captación solar.

- Se evidenció que el porcentaje de superficie vidriada depende del área y de la forma del espacio. Además, la cantidad de ventanas y su correcta distribución en el espacio contribuye a un adecuado desempeño.
- La forma que las ventanas presenten incide directamente en la captación solar que se provee al espacio, ya sea para obtener calor o iluminación. Con respecto a las condiciones locales, la ventana rectangular horizontal es la que presenta mejor comportamiento.
- En este mismo sentido, la posición en la que se ubiquen las ventanas dependerá de las necesidades de cada espacio. No obstante, respondiendo a la problemática de las viviendas en la ciudad, los vanos piso techo presentan el mejor comportamiento; estos permiten mayor captación solar y mayor área de ventilación.

Es importante mencionar que, a pesar de existir requerimientos óptimos para las ventanas, estos pueden variar de acuerdo al diseño de cada vivienda. Por esta razón se plantea consideraciones para el uso correcto de los diferentes tipos de ventanas, los cuales se desarrollarán en los criterios de diseño.



Figura. 5.1. Crematorium Siesegem. Elaboración y Fuente: (Afasia,2018).



# 5

## CRITERIOS DE DISEÑO

“Como arquitecto, sé diseñar para el presente, con conciencia del pasado, para un futuro que es esencialmente desconocido”

(Norman Foster, n.d.)



Los criterios de diseño se proponen con base a los resultados obtenidos en el comportamiento de la ventana, entendiendo que no existe una única solución para la ventana, se plantean pautas de diseño para optimizar el desempeño de la ventana y lograr un modelo de ventana eficiente. Es importante mencionar que las siguientes consideraciones, a pesar de ser aspectos replicables a cualquier solución de ventana, se garantizan en climas similares a la ciudad de Cuenca y a viviendas unifamiliares que posean características semejantes a los de los casos de estudio.

Los criterios abarcan tres instancias: aspectos generales, criterios de diseño de la ventana y otros criterios adicionales. Los criterios generales se realizarán a partir del análisis de tipología y de modelos, se plantean una adecuada orientación, de la vivienda, de los espacios interiores y de ventana; la evaluación de la superficie vidriada corresponde a los diferentes espacios considerados en este estudio; y los criterios de distribución abarcan la disposición de las ventanas en el espacio. Los criterios de ventana son el resultado de todos los análisis, involucran la forma, posición y componentes físicos. Y por último, con el fin de validar los criterios, estos se aplicarán en los casos de estudio a partir de la problemática que presenta cada uno; y de esta manera se pudo contribuir a mejorar la calidad del ambiente interior de las viviendas unifamiliares.

## 5.1. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

### 5.1.1. ORIENTACIÓN

El emplazamiento de la vivienda y la orientación de sus ventanas, es un aspecto que debe ser planteado desde el diseño de la edificación, ya que, está condicionado por la forma y tamaño del predio.

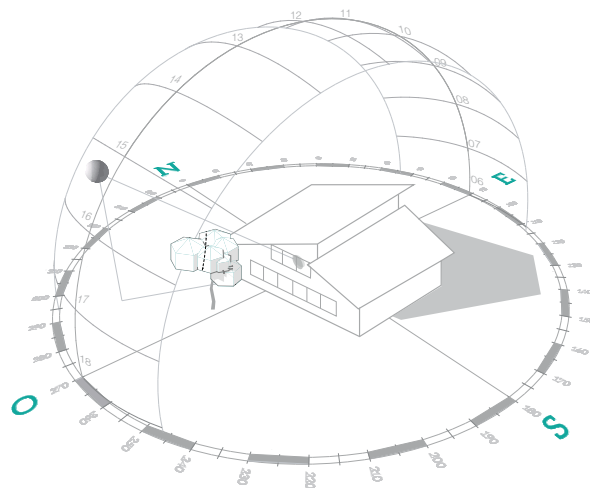


Figura. 5.2. CO1. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CO1:** Se recomienda que las fachadas con mayor superficie vidriada se orienten de este a oeste; debido a que, la dirección del viento predominante favorece en temporada caliente y a su vez la captación solar, en temporada fría.

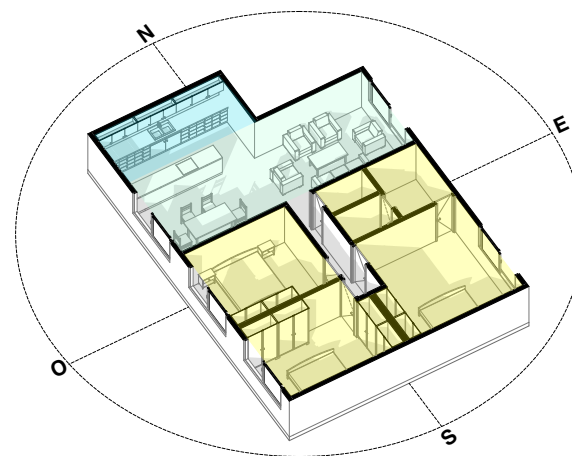


Figura. 5.3. CO2. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CO2:** Se debe priorizar que los espacios de mayor permanencia (zona de descanso y zona social) se localicen de este a oeste y los espacios de menor permanencia (zonas húmedas) de norte a sur.

### 5.1.2. SUPERFICIE VIDRIADA

El porcentaje de superficie vidriada responde al área construida de cada espacio, por lo tanto, se han determinado las siguientes superficies vidriadas, presentando diferencias entre espacios regulares e irregulares.

El área de ventana determina el nivel de malestar térmico que puede presentar un espacio, debido a la captación solar que se consigue a través de esta. Por ejemplo, en temporada caliente mientras mayor sea el área de ventana, mayor es el malestar térmico por esta razón es recomendable el uso de sistemas móviles de control solar. En temporada fría, por el contrario, mayor área de ventanas permite mantener el confort térmico, al lograr mayor captación solar. Sin embargo, debido a la pérdida de calor que puede darse mediante este elemento, es recomendable mantener la hermeticidad.

#### Superficies mínimas de ventanas en espacios regulares

Estas estrategias son aplicables a espacios que poseen una extensión de cuatro caras, ya sean cuadrados o rectangulares.

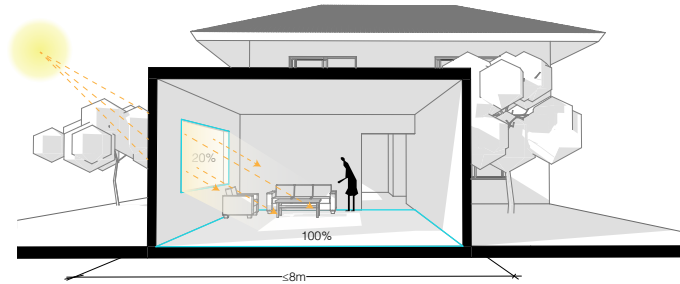


Figura. 5.4. CSV3. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CSV3:** Si se utiliza ventanas rectangulares horizontales se recomienda que el porcentaje de superficie vidriada sea del 20%, para una profundidad <8 metros. No obstante, cuando se requiera colocar una ventana, de las mismas características, en lo alto del cerramiento, el porcentaje de superficie vidriada debe duplicarse.

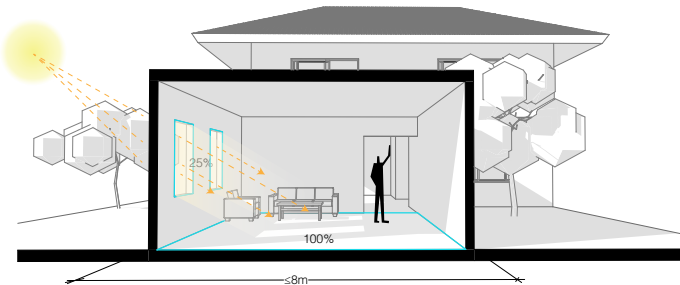


Figura. 5.5. CSV4. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CSV4:** Si se utiliza ventanas rectangulares verticales, en la posición a media altura central, el porcentaje de superficie vidriada debe ser como mínimo el 25%; y en el caso, de ubicarse a media altura hacia una esquina, el porcentaje debe aumentar un 5%.

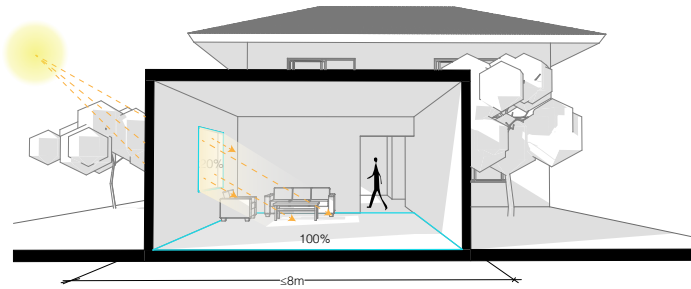


Figura. 5.6. CSV5. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CSV5:** Si se utiliza ventanas cuadradas el porcentaje de superficie vidriada es igual del 20%, siempre y cuando el espacio no sea muy alargado; caso contrario se puede distribuir dicho porcentaje en dos ventanas o aumentar el mismo al 30%.

### Superficies mínimas de ventanas en espacios irregulares

Estas estrategias son aplicables a espacios que poseen una disposición quebrada o doble quebrada. Debido a la forma irregular que esta disposición presenta, el porcentaje de superficie vidriada es mayor que en espacios regulares.

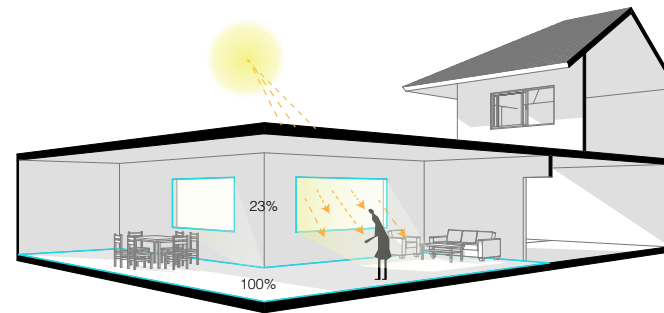


Figura. 5.7. CSV6. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CSV6:** En espacios irregulares se debe utilizar más de una ventana rectangular horizontal, razón por la cual el porcentaje aumenta como mínimo al 23%; y cuando se ubiquen en lo alto del cerramiento este porcentaje debe duplicarse.

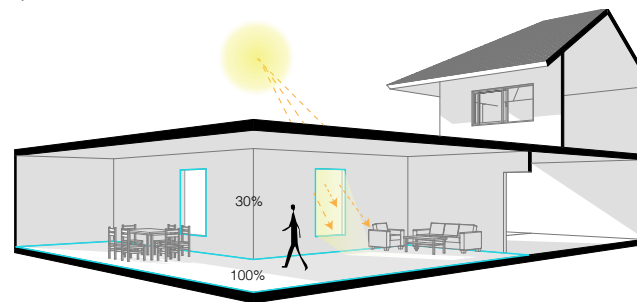


Figura. 5.8. CSV7. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CSV7:** En espacios irregulares se debe utilizar más de una ventana rectangular vertical, con un porcentaje de superficie vidriada superior al 30%.

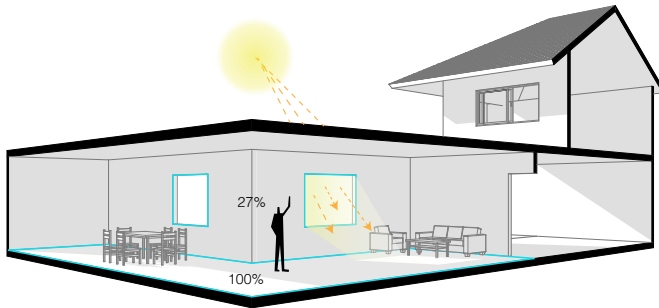


Figura. 5.9. CSV8. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CSV8:** En espacios irregulares se debe utilizar más de una ventana cuadrada, con un porcentaje de superficie vidriada superior al 27%.

### 5.1.3. DISTRIBUCIÓN DE VENTANAS

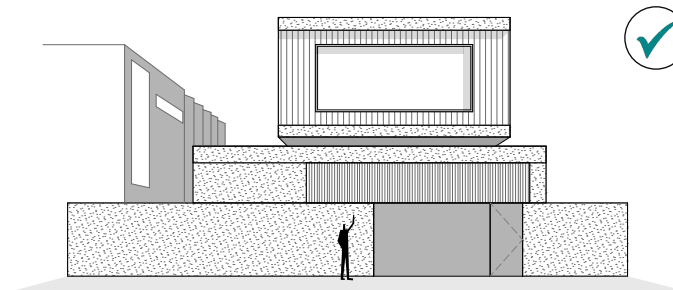
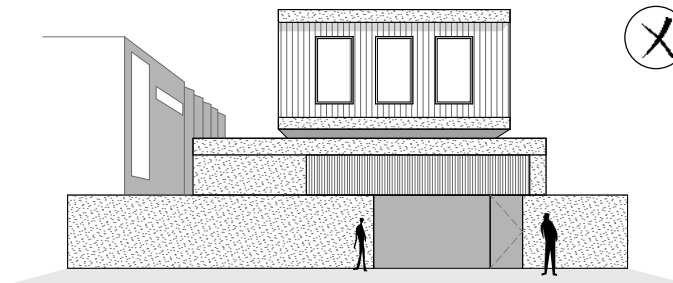


Figura. 5.10. CDV9. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CDV9:** Con el fin de lograr una adecuada iluminación en el espacio se debe considerar que, mientras mayor sea la superficie de ventana mayor será la incidencia de luz. Es recomendable entonces situar una ventana continua, ya que, ubicar varias ventanas en una pared pueden generar contrastes.



Figura. 5.11. CDV10. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CDV10:** Si existe la posibilidad de colocar dos o más ventanas en espacios profundos o con disposición quebrada, se recomienda que las ventanas se ubiquen en paredes opuestas; de esta manera se garantiza que la luz se distribuya adecuadamente.

## 5.2. CRITERIOS DE DISEÑO DE VENTANAS

### 5.2.1. CRITERIOS DE FORMA

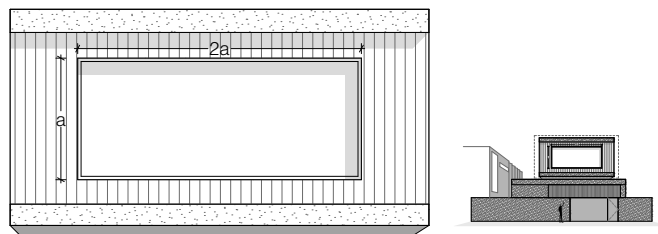


Figura. 5.12. CF11. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

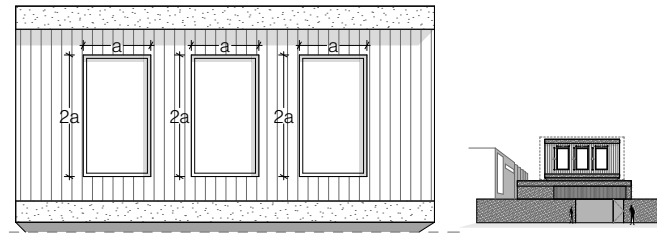


Figura. 5.13. CF11. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CF11:** Se recomienda que la proporción de la ventana tenga un coeficiente de forma  $\leq 1$ , que abarca ventanas rectangulares horizontales y cuadradas. Las mismas que poseen mejor comportamiento térmico y lumínico, ya que proporcionan mayor captación solar y permiten una iluminación uniforme.

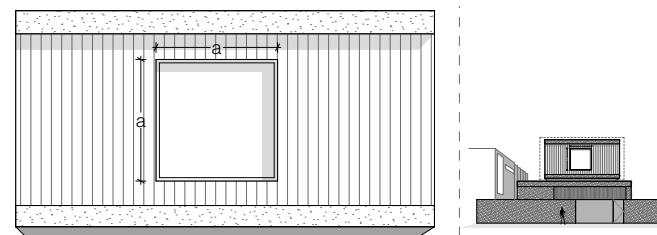


Figura. 5.14. CF12. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CF12:** Las ventanas verticales, con coeficiente de forma  $> 1$ , debido a su proporción, no permiten una adecuada captación solar e iluminación, razón por la que se recomienda aumentar el porcentaje de superficie vidriada o el número de ventanas.



## 5.2.2. CRITERIOS DE POSICIÓN

### Posición central a media altura

**CP13:** Una ventana en posición central a media altura tiene un buen comportamiento térmico en temporada caliente y temporada fría. Además de presentar el mejor desempeño lumínico con una ventana rectangular horizontal con un coeficiente de forma  $\leq 1/2$ .

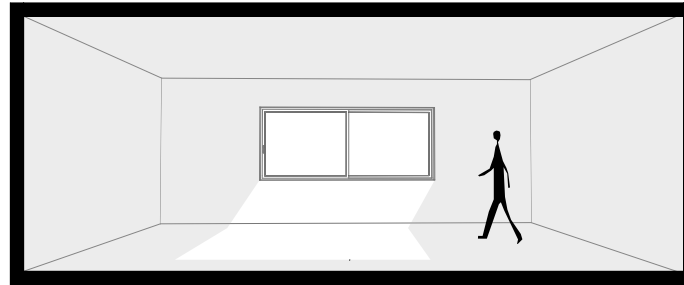


Figura. 5.15. CP13. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

### Posición en lo alto del cerramiento

**CP14:** Una ventana en lo alto del cerramiento no permite una suficiente captación solar para mantener el confort en temporada fría; ni el ingreso de luz suficiente para alcanzar estándares de iluminación. Por estas razones es necesario aumentar el porcentaje de superficie vidriada al doble o a su vez prescindir de aleros en las edificaciones.

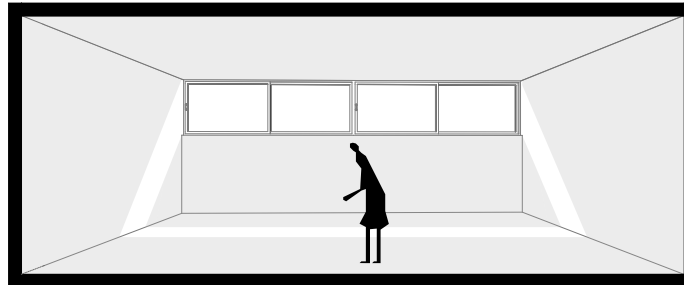


Figura. 5.16. CP14. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

### Posición piso techo

**CP15:** Una ventana piso techo presenta el mejor comportamiento para el clima de Cuenca, pues la superficie vidriada aumenta y, por lo tanto, también, la captación solar y el ingreso de luz. No obstante, se debe utilizar protecciones solares, para evitar el aumento de la temperatura en temporada caliente y el deslumbramiento.

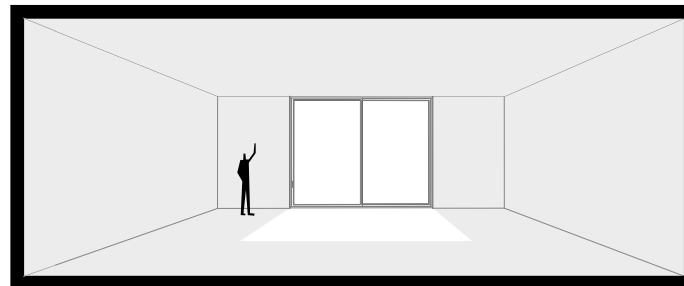


Figura. 5.17. CP15. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Existen aspectos generales en cuanto a la posición de la ventana que se debe considerar:

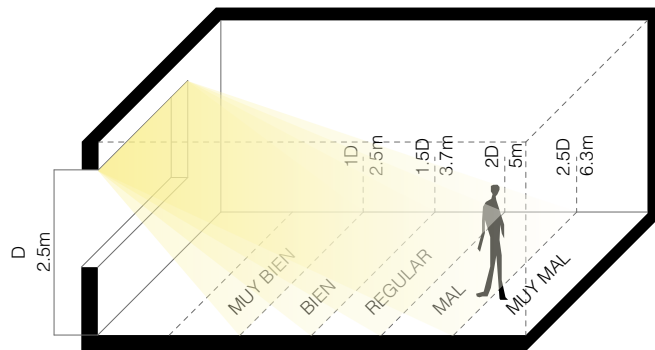


Figura. 5.18. CP16. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CP16:** Se recomienda que la profundidad del espacio no supere el doble de la altura del dintel, siendo lo más óptimo una profundidad de 1.5 del mismo.



Figura. 5.19. CP17. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CP17:** Para garantizar una buena calidad de aire, las ventanas deben colocarse en paredes opuestas. La ventana por donde ingresa el aire debe estar situada de manera central o hacia la parte inferior del cerramiento y la ventana por donde sale el aire hacia lo alto del cerramiento; de esta manera se garantiza el flujo de aire dentro del espacio. Cuando no es posible diseñar con dos ventanas opuestas, la posición recomendable es piso techo, debido a que se aumenta el área de ventilación.

### 5.2.3. CRITERIOS DE SISTEMAS DE APERTURA

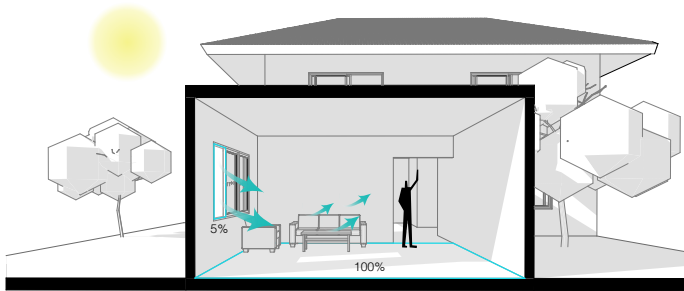


Figura. 5.20. CSA18. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

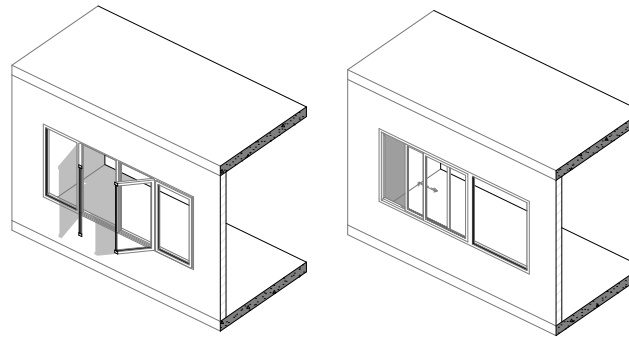


Figura. 5.21. CSA19. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CSA18:** Para mejorar la calidad del aire es necesario que las ventanas tengan un mecanismo de apertura, permitiendo el ingreso de aire fresco cuando se requiera. El área destinada para ventilación debe ser como mínimo el 5% de la superficie del espacio.

**CSA19:** Se recomienda el uso de sistemas de apertura herméticos, dadas las condiciones climáticas de Cuenca, ya que favorecen al aislamiento térmico y acústico; entre los cuales se identifican las ventanas abatibles y proyectable. No obstante, en el caso de no contar con el espacio necesario, se pueden utilizar ventanas corredizas.

**CS420:** Si se requiere mantener el control sobre la cantidad de ventilación que ingresa al espacio es recomendable la ventana corrediza o pivotante, ya que son sistemas de fácil regulación.

## 5.2.4. CRITERIOS DE COMPONENTES FÍSICOS

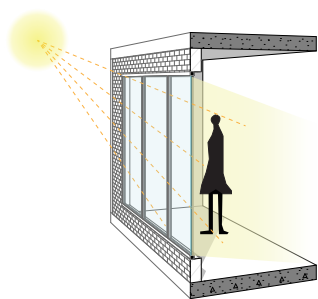


Figura. 5.22. CCF22. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

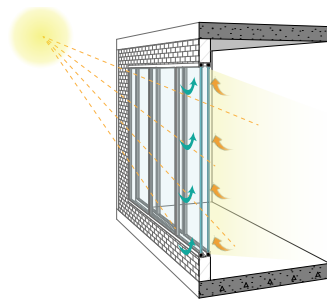


Figura. 5.23. CCF22. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

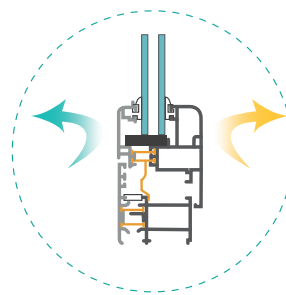


Figura. 5.24. CCF23. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

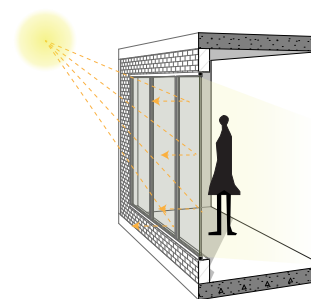


Figura. 5.25. CCF24. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CCF21:** Se recomienda para la carpintería el uso de materiales con baja conductividad térmica como el PVC y la madera. Los cuales tienen un mejor desempeño térmico con respecto a otros materiales.

**CCF22:** Se recomienda el vidrio monolítico simple, transparente e incoloro, ya que permite una adecuada captación solar e incidencia de luz en el espacio. Cuando existe la necesidad de mejorar la hermeticidad de una vivienda mediante la ventana, una solución es generar dos hojas de vidrio separadas por una cámara de aire, mejorando de esta manera el aislamiento térmico.

**CCF23:** Independientemente de la materialidad del marco de la ventana, es importante mencionar que, para generar mejores estándares de aislamiento es recomendable realizar la ruptura del puente térmico.

**CCF24:** En situaciones en donde se requiere tener control solar, además de optar por la incorporación de protecciones solares, se puede considerar el uso de vidrios que, de acuerdo a su coloración, ayudan a la reflexión de la luz. Por otro lado, al reflejar la luz solar, el desempeño térmico en temporada caliente presenta mejores resultados disminuyendo las horas de incomodidad térmica, caso contrario sucede en temporada fría.

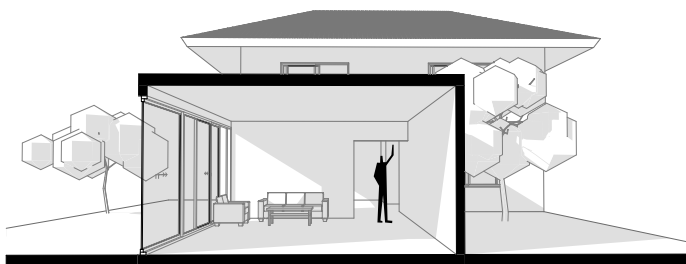


Figura. 5.26. CCF25. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CCF25:** Si en el diseño existen áreas extensas de vidrio, se sugiere priorizar el uso de divisiones por soporte y seguridad, además que permite generar sistemas de aperturas y garantizar la ventilación.

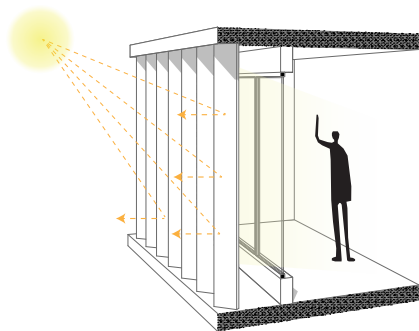


Figura. 5.27. CCF26. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**CCF26:** Se recomienda el uso de sistemas móviles de protección solar que permiten controlar la captación solar tanto en temporada caliente como en temporada fría. Además de ayudar a controlar el deslumbramiento en los espacios.

## 5.2.4. OTROS CRITERIOS

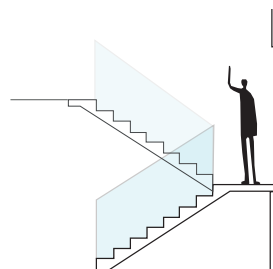


Figura. 5.28. OC27. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**OC27:** Se recomienda el uso de vidrios procesados (templados y laminados) en áreas de riesgo, como gradas, pasillos, balcones, patios de juegos, además en elementos como puertas, claraboyas, barandas, entre otros.

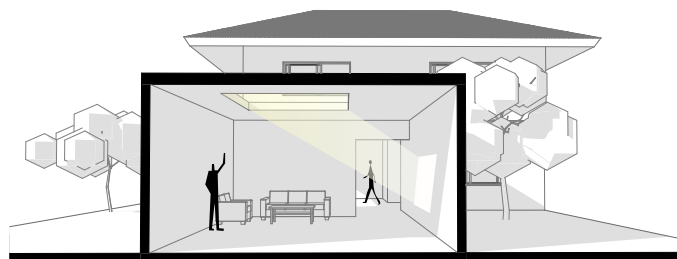


Figura. 5.29. CCF28. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

**OC28:** En casos especiales en los que el porcentaje de superficie vidriada no se pueda cumplir, por condiciones del espacio, o no sea el suficiente para garantizar los estándares, es recomendable el uso de claraboyas.

### 5.3. APLICACIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO

Una vez definidos los criterios de diseño, se propone, a manera de validación, la aplicación de los mismos en los casos de estudio. El propósito es que mediante el empleo de los criterios se logre un modelo de ventana eficiente para las viviendas unifamiliares de la ciudad de Cuenca; y a su vez mejorar el desempeño térmico, lumínico y calidad del aire de sus espacios.

A partir del análisis del estado actual de cada vivienda, se identificó la problemática que cada una presenta, de este modo se proponen estrategias que contribuyan a mejorar la calidad del ambiente interior. En la Tabla. 5.1 se evidencia, a manera de resumen, la problemática y las estrategias aplicadas.



		PROBLEMÁTICA	CRITERIOS DE DISEÑO
VIVIENDA 1	Sala-Comedor	Malestar térmico en temporada caliente y fría. Distribución de luz heterogénea.	Criterios generales: Aumentar la superficie vidriada de acuerdo a la forma del espacio, mejorar la distribución de superficie vidriada, con ventanas rectangulares horizontales. Criterios de ventana: Generar mecanismos de apertura en las ventanas actuales, aumentando porcentaje de ventilación, incorporar marco de PVC con doble vidrio y cámara de aire.
	Dormitorio principal	Malestar térmico en temporada caliente y fría. Inadecuada iluminación y distribución de luz heterogénea.	Criterios generales: Generar una nueva ventana en una correcta orientación. Criterios de ventana: Generar mecanismos de apertura en las ventanas y aumentar el porcentaje de ventilación, incorporar marco de PVC con doble vidrio y cámara de aire.
VIVIENDA 2	Sala-Comedor	Malestar térmico en temporada caliente: incomodidad frecuente intenso y hasta 35 °C de malestar	Criterios de ventana: Incorporar protecciones solares en la ventana actual.
VIVIENDA 3	Sala-Comedor	Malestar térmico temporal leve en ambas temporadas. Inadecuada distribución de luz, lo que produce contrastes.	Criterios generales: Generar una ventana continua en una misma pared, a partir de dos ventanas existentes. Criterios de ventana: Incorporar ventanas de forma rectangular horizontal, en posición central a media altura y en lo alto del cerramiento, con marco de PVC con doble vidrio y cámara de aire.
	Dormitorio principal	Malestar térmico en ambas temporadas. Inadecuada distribución de ventanas	Criterios generales: Colocar la ventana en una adecuada orientación, aumentar la superficie vidriada al 20% e i Criterios de ventana: Incorporar una ventana continua rectangular horizontal con marco de PVC con doble vidrio y cámara de aire.

Tabla 5.1. Aplicación de criterios. Casos de estudio. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



		PROBLEMATICA	CRITERIOS DE DISEÑO
VIVIENDA 4	Sala-Comedor	Malestar en temporada caliente: temporal leve con 5 °C de incomodidad. Inadecuada distribución de luz, lo que produce contrastes.	Criterios de ventana: Incorporar protecciones solares en las ventanas existentes, generar mecanismos de apertura en las ventanas que no poseen, aumentando el porcentaje de ventilación en el espacio.
	Dormitorio principal	Malestar térmico en ambas temporadas. Inadecuada distribución de luz, generando deslumbramiento	Criterios generales: Colocar la ventana existente, con mayor superficie vidriada, en una adecuada orientación. Criterios de ventana: Aumentar el porcentaje de ventilación en el espacio e incorporar protecciones solares en las ventanas existentes.
VIVIENDA 5	Sala-Comedor	Malestar térmico en temporada fría: incomodidad frecuente leve y 10 °C de malestar.	Criterios generales: Aumentar superficie vidriada combinando la posición actual de las ventanas con un vano piso techo; además de crear una ventana continua. Criterios de ventana: Generar sistema de aperturas en todas las ventanas, con marco de PVC con doble vidrio y cámara de aire.
	Dormitorio principal	Malestar térmico en temporada fría: incomodidad frecuente leve y 15 °C de malestar. Distribución de luz heterogénea.	Criterios generales : Incrementar la superficie vidriada al 20%, con una ventana rectangular horizontal. Criterios de ventana: Aumentar el porcentaje de apertura al 33,33%, con marco de PVC, y doble vidrio con cámara de aire.
VIVIENDA 6	Sala-Comedor	Malestar en temporada caliente: temporal leve con 5 °C de incomodidad. Inadecuada distribución de luz, lo que produce contrastes.	Criterios de ventana: Incorporar protecciones solares en las ventanas existentes, generar mecanismos de apertura en las ventanas que no poseen, aumentando el porcentaje de ventilación en el espacio.
	Dormitorio principal	Malestar térmico en ambas temporadas. Inadecuada distribución de luz, generando deslumbramiento	Criterios generales: Colocar la ventana existente, con mayor superficie vidriada, en una adecuada orientación. Criterios de ventana: Aumentar el porcentaje de ventilación en el espacio e incorporar protecciones solares en las ventanas existentes.

Tabla 5.1. Aplicación de criterios. Casos de estudio. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

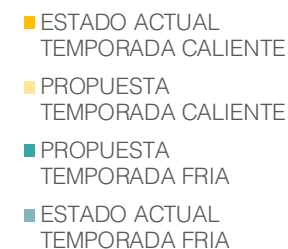


## Vivienda 1

La problemática de esta vivienda radica en su configuración espacial, además de presentar en los espacios analizados ventanas ubicadas hacia un patio interior cubierto, lo que perjudica en el comportamiento de las mismas. Las estrategias planteadas permitieron alcanzar mejoras en el desempeño, como se puede observar en la Figura 5.20. En temporada fría se redujo la incomodidad considerablemente, aumentando la superficie vidriada. No obstante, en temporada caliente

la incomodidad se mantuvo. En la sala-comedor, en temporada caliente, el porcentaje de mejora en FDT es del 17% y de GhDT del 19%, a su vez en temporada fría, del 32% y 21%, respectivamente. En el dormitorio de la misma manera existen mejoras en temporada fría con el 15% en FDT y 16% de GhDT. Por otra parte, a pesar de existir mejoras en la iluminación, los valores no alcanzan los estándares óptimos. Sin embargo, existe un porcentaje de incremento del 8% en la sala-comedor y del 36% en el dormitorio.

### DESEMPEÑO TÉRMICO



### DESEMPEÑO LUMÍNICO

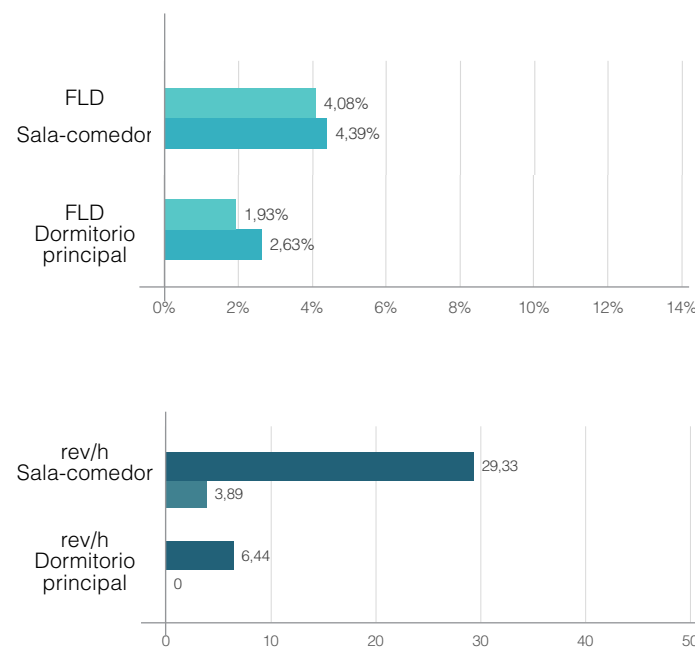
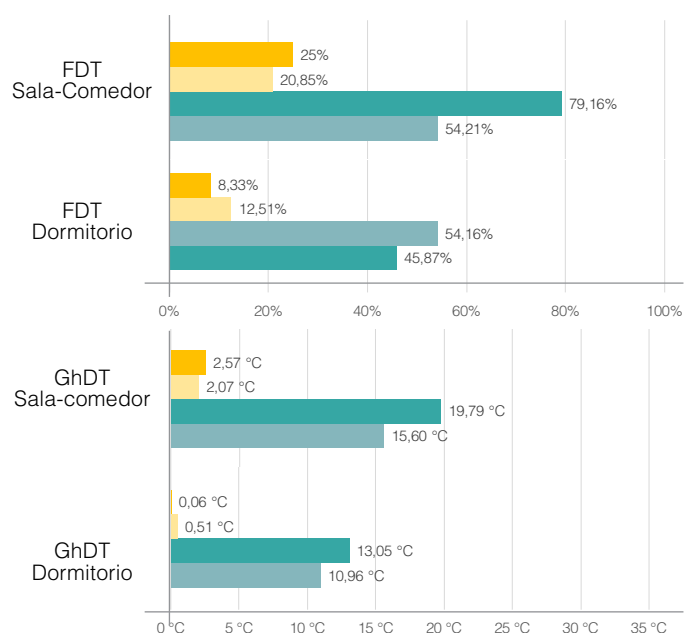


### CALIDAD DEL AIRE



FDT: Frecuencia de incomodidad térmica  
GhDT: Grados horas de incomodidad térmica  
FLD: Factor luz día

Figura. 5.30. Porcentajes de mejora. Vivienda 1.  
Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.





## Vivienda 2

Esta vivienda presenta un buen desempeño en todos los aspectos analizados, como se puede observar en la Tabla 5.1, la problemática se centra en la sala-comedor durante temporada caliente. Los valores de FDT y GhDT alcanzaron porcentajes de mejora del 21% y 45% respectivamente; sin embargo, los elementos de control solar perjudicaron en la calidad del iluminación. Cabe agregar que el dormitorio principal

### DESEMPEÑO TÉRMICO

- ESTADO ACTUAL TEMPORADA CALIENTE
- PROPUESTA TEMPORADA CALIENTE
- PROPUESTA TEMPORADA FRIA
- ESTADO ACTUAL TEMPORADA FRIA

### DESEMPEÑO LUMÍNICO

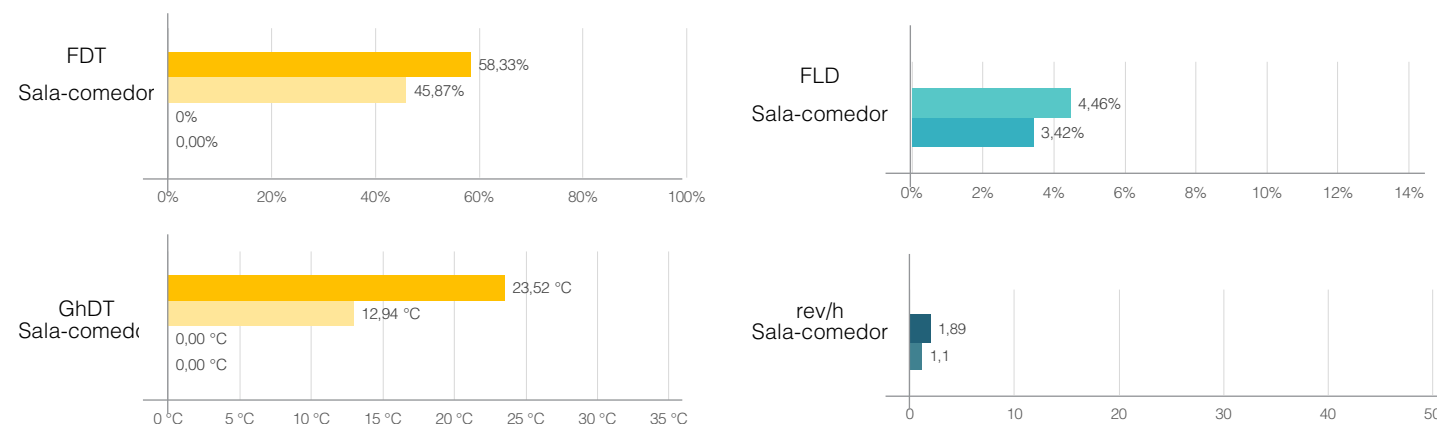
- ESTADO ACTUAL
- PROPUESTA

### CALIDAD DEL AIRE

- ESTADO ACTUAL
- PROPUESTA

FDT: Frecuencia de incomodidad térmica  
GhDT: Grados horas de incomodidad térmica  
FLD: Factor luz día

Figura. 5.31. Porcentajes de mejora. Vivienda 2.

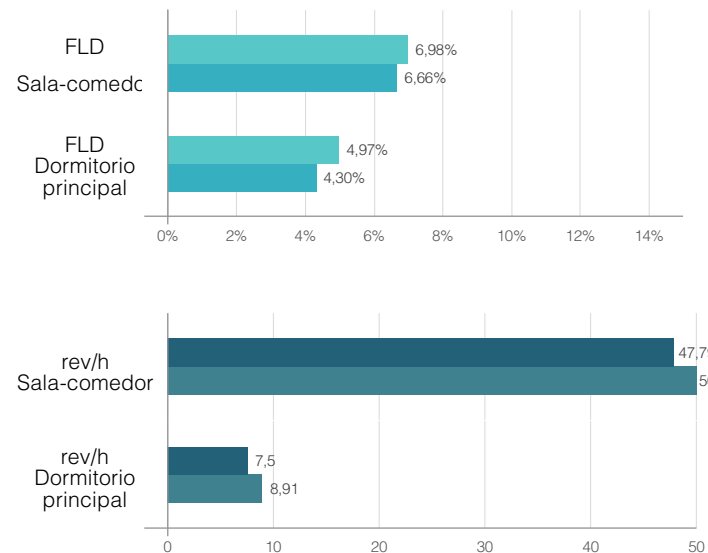
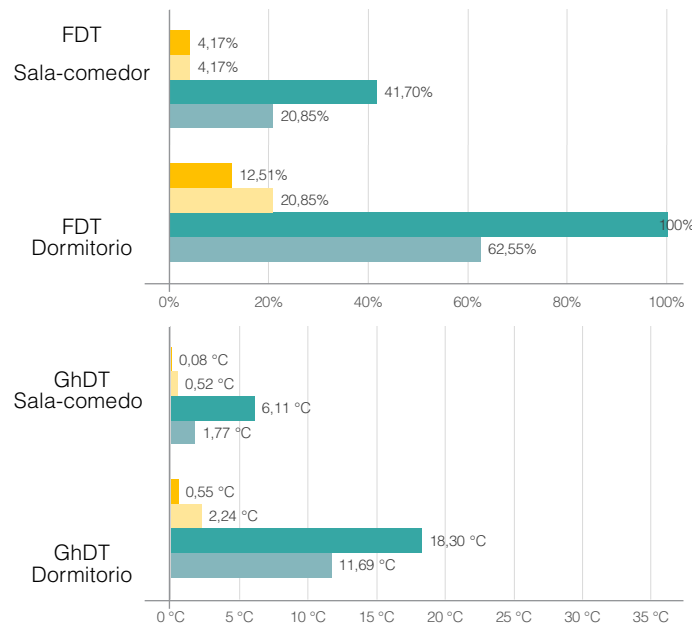




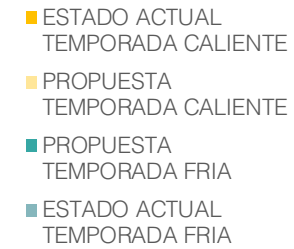
### Vivienda 3

En la vivienda 3 la problemática se centra en la incomodidad térmica en temporada fría y la inadecuada calidad de iluminación. Las estrategias planteadas priorizan esta problemática, además de mantener la zona de incomodidad en temporada caliente y cumplir con los estándares en los otros aspectos. En la sala-comedor el desempeño térmico, en temporada fría, presenta mejoras del 50% en FDT y del 71% en GhDT, de la misma manera,

el dormitorio alcanza porcentajes de mejora del 37% en FDT y 36% en GhDT. Por otro lado, los niveles de iluminación cumplen con los estándares de la normativa, mejorando la distribución de la luz en los espacios; sin embargo, como se observa en la Figura. 5.20. los valores disminuyen.



#### DESEMPEÑO TÉRMICO



#### DESEMPEÑO LUMÍNICO



#### CALIDAD DEL AIRE



FDT: Frecuencia de incomodidad térmica  
GhDT: Grados horas de incomodidad térmica  
FLD: Factor luz día

Figura. 5.33. Porcentajes de mejora. Vivienda 3.



## Vivienda 4

Esta vivienda presenta mayor problema en temporada caliente, además de una inadecuada distribución de luz. Por lo que se ha planteado estrategias que permitieron disminuir, en la sala-comedor, un 50% de FDT y 76% del GhDT; no obstante, en temporada fría el espacio se mantiene en confort. De la misma manera el dormitorio alcanzó porcentajes de mejora en un 63% de FDT y un

85% de GhDT durante temporada caliente; en temporada fría el FDT disminuyó un 8% y el GhDT un 3%.

El comportamiento lumínico, en ambos espacios, mejoró mediante una adecuada distribución de luz, a pesar de que los valores de FLD disminuyeron; sin embargo, los mismo cumplen con la normativa.

### DESEMPEÑO TÉRMICO

- ESTADO ACTUAL TEMPORADA CALIENTE
- PROPUESTA TEMPORADA CALIENTE
- PROPUESTA TEMPORADA FRÍA
- ESTADO ACTUAL TEMPORADA FRÍA

### DESEMPEÑO LUMÍNICO

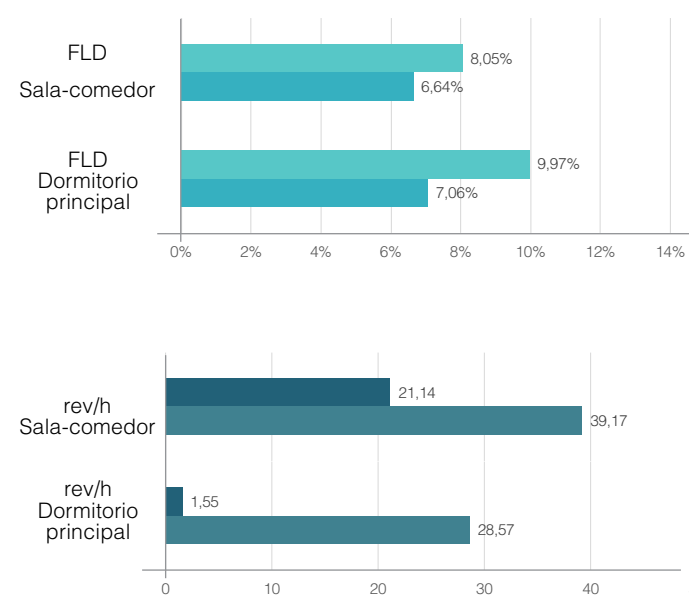
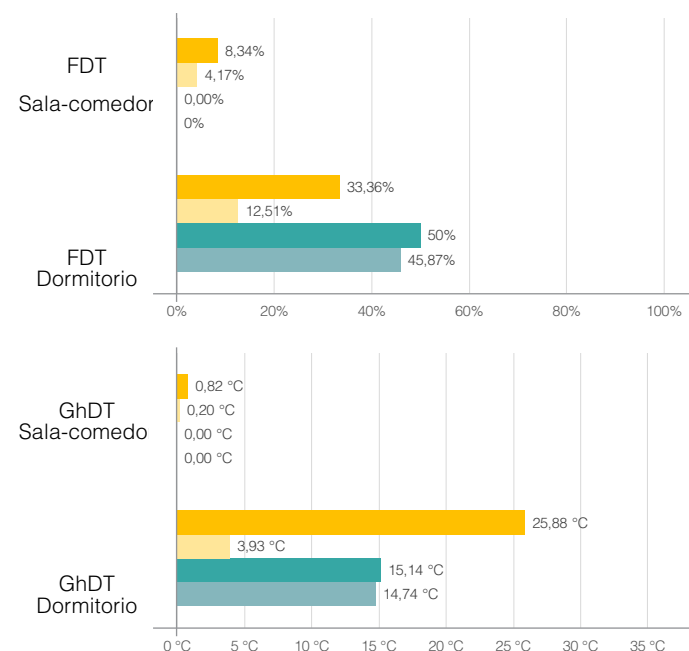
- ESTADO ACTUAL
- PROPUESTA

### CALIDAD DEL AIRE

- ESTADO ACTUAL
- PROPUESTA

FDT: Frecuencia de incomodidad térmica  
GhDT: Grados horas de incomodidad térmica  
FLD: Factor luz día

Figura. 5.34. Porcentajes de mejora. Vivienda 4.

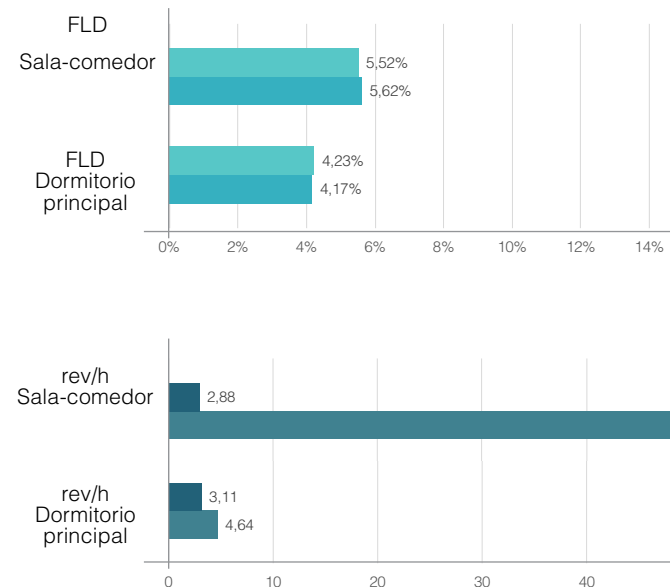
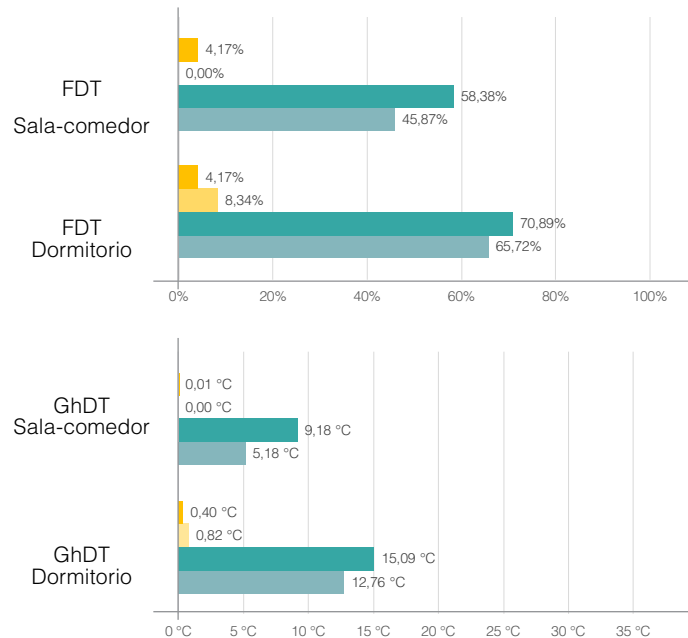




## Vivienda 5

A partir de la problemática se planteó una combinación de estrategias que permitieron una mejora del 100% de FDT y GhDT, en la sala-comedor durante temporada caliente. En este mismo sentido en temporada fría, un 21% de FDT y 44% de GhDT. En el dormitorio temporada fría se logró una mejora del 6% de FDT y 15% de GhDT; mientras que, en temporada caliente se mantiene en la zona de incomodidad temporal leve.

Las estrategias planteadas en la sala-comedor lograron mejorar la calidad y distribución de luz, con un porcentaje de incremento del 2%, evitando que se genere contrastes. En el dormitorio se redujo el valor de FLD, lo que permitió mejorar en la distribución de luz.



### DESEMPEÑO TÉRMICO

- ESTADO ACTUAL TEMPORADA CALIENTE
- PROPUESTA TEMPORADA CALIENTE
- PROPUESTA TEMPORADA FRÍA
- ESTADO ACTUAL TEMPORADA FRÍA

### DESEMPEÑO LUMÍNICO

- ESTADO ACTUAL
- PROPUESTA

### CALIDAD DEL AIRE

- ESTADO ACTUAL
- PROPUESTA

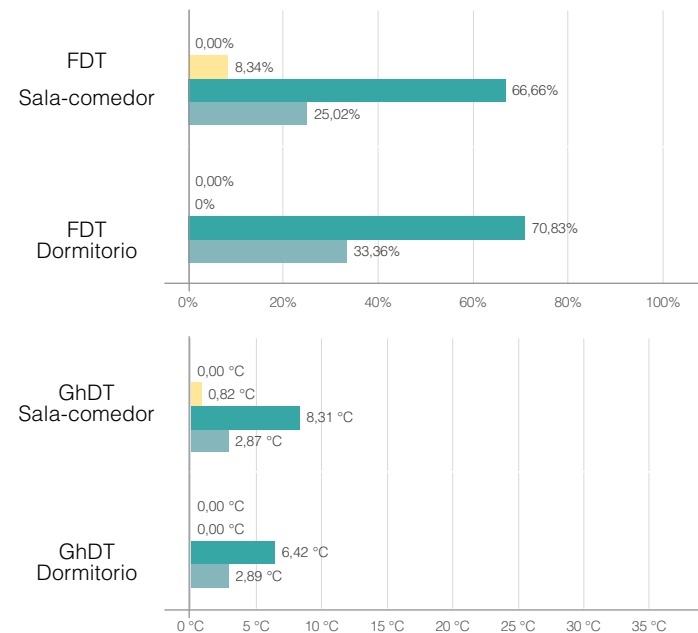
FDT: Frecuencia de incomodidad térmica  
 GhDT: Grados horas de incomodidad térmica  
 FLD: Factor luz día

Figura. 5.35. Porcentajes de mejora. Vivienda 5.

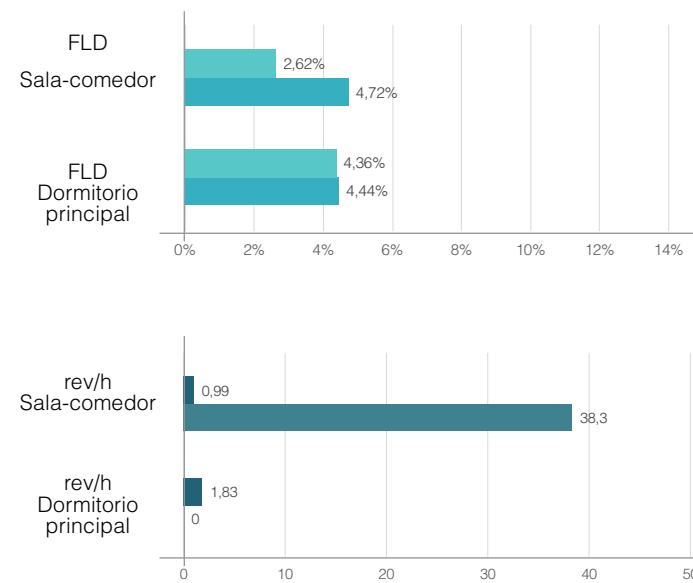


## Vivienda 6

Esta vivienda, debido a su configuración espacial, presenta un inadecuado desempeño y, por lo tanto, una mala calidad ambiental. Además de las estrategias planteadas se modificó el patio posterior para generar un espacio abierto, el cual permita aprovechamiento solar y ventilación natural. De esta manera se logró porcentajes de mejora del 63% de FDT y 65% de GhDT en la sala-comedor durante temporada fría. En el dormitorio, a su vez, del 53% de FDT y 55% de GhDT.



Con respecto al desempeño lumínico, la calidad y distribución de luz en la sala-comedor mejora considerablemente en un 80%, sin embargo, debido a la configuración del espacio el FDL no cumple con los estándares. Por otra parte, el dormitorio si alcanza los valores requeridos, además de mejorar en un 2% el FLD, lo que permite una mejor distribución de luz. Cabe agregar que las renovaciones de aire generadas en todas las viviendas superan el mínimo establecido, pues en todas las ventanas modificadas se consideró un sistema de apertura del 50%.



### DESEMPEÑO TÉRMICO

- ESTADO ACTUAL TEMPORADA CALIENTE
- PROPUESTA TEMPORADA CALIENTE
- PROPUESTA TEMPORADA FRIA
- ESTADO ACTUAL TEMPORADA FRIA

### DESEMPEÑO LUMÍNICO

- ESTADO ACTUAL
- PROPUESTA

### CALIDAD DEL AIRE

- ESTADO ACTUAL
- PROPUESTA

FDT: Frecuencia de incomodidad térmica  
 GhDT: Grados horas de incomodidad térmica  
 FLD: Factor luz día

Figura. 5.36. Porcentajes de mejora. Vivienda 6.





Figura. 6.1. Casa Montesino Arce. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## CONCLUSIONES GENERALES

Como resultado del trabajo realizado, respondiendo a la pregunta de investigación planteada, las características que deben poseer las ventanas para contribuir a mejorar la calidad del ambiente interior en las viviendas unifamiliares de la ciudad de Cuenca, tienen como premisa básica las siguientes consideraciones:

- La orientación de las ventanas, considerando las condiciones climáticas de Cuenca, debe favorecer la captación solar; el oeste permite captar la radiación del poniente y liberarlo en la noche (horas de menor temperatura). Ubicar los espacios de mayor permanencia, en este caso el dormitorio y la sala-comedor, hacia el oeste permite un mejor desempeño térmico y lumínico. Cabe agregar que las ventanas al este reciben radiación directa en horas de la mañana, sin embargo, el calor almacenado no abastece a horas de la noche; además de que se localizan perpendicular a la dirección del viento predominante, lo que favorece a la ventilación natural. No obstante, ubicar las ventanas hacia el norte o sur posibilita la iluminación difusa, pero se debe considerar las pérdidas de calor.
- El porcentaje de superficie vidriada varía de acuerdo a la forma que posea la ventana, el mínimo establecido es del 20% del área a iluminar, porcentaje que difiere

con la Norma local (P.O.T), la cual establece el 15% como mínimo.

- Si un espacio posee más de una ventana, los niveles de iluminación aumentan, no obstante, se debe considerar ubicar las ventanas en distintas fachadas para evitar contrastes. Para favorecer la ventilación cruzada las ventanas deben ubicarse en fachadas opuestas.
- La forma rectangular horizontal favorece de mejor manera la captación solar, debido a que el ingreso de luz y radiación incide en toda la superficie del espacio.
- La posición central a media altura y vano piso techo favorece la distribución uniforme del ingreso de luz al espacio, además de maximizar el flujo de aire mediante la ventilación natural.

Es importante mencionar que las ventanas son un punto sensible de la envolvente ya que, es responsable del 30% al 50% de pérdidas y ganancias térmicas en el ambiente. Razón por la cual se debe priorizar la hermeticidad de sus componentes.

- Es indispensable que todas las ventanas posean un sistema de apertura del 50% para generar ventilación natural y por ende renovaciones de aire. El sistema de apertura determina la capacidad de la ventana

en oponerse a las infiltraciones de aire; de acuerdo a las condiciones climáticas de Cuenca, el sistema abatible y proyectable favorecen el aislamiento térmico y acústico.

- Los componentes físicos deben promover la hermeticidad de la ventana, en cuanto al marco es mejor cuando este posee el menor coeficiente U, como es el caso del PVC y la madera; sin embargo, se evidenció que la ruptura del puente térmico logra disminuir el coeficiente U en los demás materiales.
- La adecuada aplicación del vidrio depende de las necesidades que presente cada espacio, a pesar de que en la NEC – HS – VIDRIO establece que un vidrio incoloro, de color o reflectivo entre 4 a 10mm de espesor presenta un mismo coeficiente U, las simulaciones demostraron que un vidrio con tinte o reflectivo modifica las condiciones térmicas del espacio y de igual manera la iluminación del mismo. Por otro lado, generar dos láminas de vidrio disminuye el coeficiente U considerablemente, además de aportar con aislamiento térmico y acústico.
- Las protecciones solares móviles son factibles para el clima de Cuenca, ya que permite controlar el ingreso de radiación para evitar ganancias solares excesivas

y deslumbramiento, sin perjudicar a la captación solar durante temporada fría.

Las consideraciones anteriores son parámetros óptimos para establecer un modelo de ventana eficiente, que se establecieron a partir de la ventana típica de las viviendas de Cuenca y el análisis del comportamiento de las características que poseen, y las variables que inciden en ellas. Mediante el análisis de tipologías, se evidenció que los espacios de la vivienda presentan diferentes requerimientos; pues, cada espacio presenta ventanas con características propias que se diferencian de los demás por la actividad que se realice en ellos. A pesar de estas consideraciones, se demostró que no se aplica un diseño coherente de ventana, incluso existen casos que los espacios prescinden de estas. De igual manera, se pudo observar el escaso aprovechamiento del recurso solar en las viviendas, debido a que existe una demanda de calefacción y un consumo innecesario de energía eléctrica por deficiencias en el diseño arquitectónico. A partir del análisis del comportamiento de las ventanas, se constató que la ventana típica de Cuenca no presenta un buen desempeño; por lo que se optó por experimentar con modelos propuestos de los cuales se establecieron los criterios de diseño.

Cabe agregar que, debido a las condiciones climáticas



de la ciudad, la problemática radica en temporada fría, razón por la cual la estrategia primordial es la captación solar; a pesar de que las estrategias establecidas por el INER se contraponen al presentar pautas para minimizar las ganancias de calor, las mismas que recomiendan para zonas calurosas.

La ventana es un elemento que interviene en el aspecto formal de la envolvente, y, por lo tanto, está sujeta a diversas soluciones arquitectónicas. Los criterios de diseño están dirigidos a optimizar el desempeño de la ventana, considerando las diversas soluciones que puedan tener; por lo que es necesario conocer las necesidades y las actividades que se desarrollan en los espacios para una adecuada aplicación de los mismos. Durante la validación, se evidenciaron mejoras considerables en la aplicación de los criterios, como es el caso de la vivienda 6, siendo el más representativo, alcanza un porcentaje de mejora del 63% en FDT y del 65% en GhDT, con respecto al desempeño térmico; mientras que, un 80% de mejora en el desempeño lumínico. Es evidente entonces que un adecuado diseño de ventana mejora la calidad del ambiente interior de las viviendas; no obstante, la aplicación de estrategias pasivas en la envolvente, además de las de la ventana, pueden contribuir a alcanzar el 100% del confort térmico. Por el contrario, el confort lumínico y la calidad del aire, están relacionadas en su totalidad con las ventanas.

## RECOMENDACIONES

Es preciso mencionar algunas recomendaciones que pueden complementar a la investigación realizada:

- Las simulaciones resultaron ser una herramienta pertinente de análisis en esta investigación, ya que permitió realizar estudios cercanos a la realidad. Es un recurso adecuado cuando no se dispone de equipos de medición o el tiempo suficiente que abarque varios periodos del año.
- Es necesario realizar investigaciones en las cuales se obtengan datos sobre infiltraciones de aire, que se generan en la vivienda.
- Debido a que en la configuración del programa es necesario proporcionar estos datos para que se realice el análisis del comportamiento contemplando esta información.
- Se evidenció una gran variedad de dispositivos de sombra, los cuales favorecen el comportamiento de la ventana; por lo que es necesario realizar estudios que abarquen de forma específica estos elementos, considerando la ubicación geográfica del Ecuador.
- Esta investigación se centró en las viviendas unifamiliares, demostrando la importancia de la

ventana en los espacios interiores. Por esta razón es necesario realizar estudios que abarquen otro tipo de edificaciones; como es el caso de edificios multifamiliares, edificios educativos, edificios públicos, entre otros.

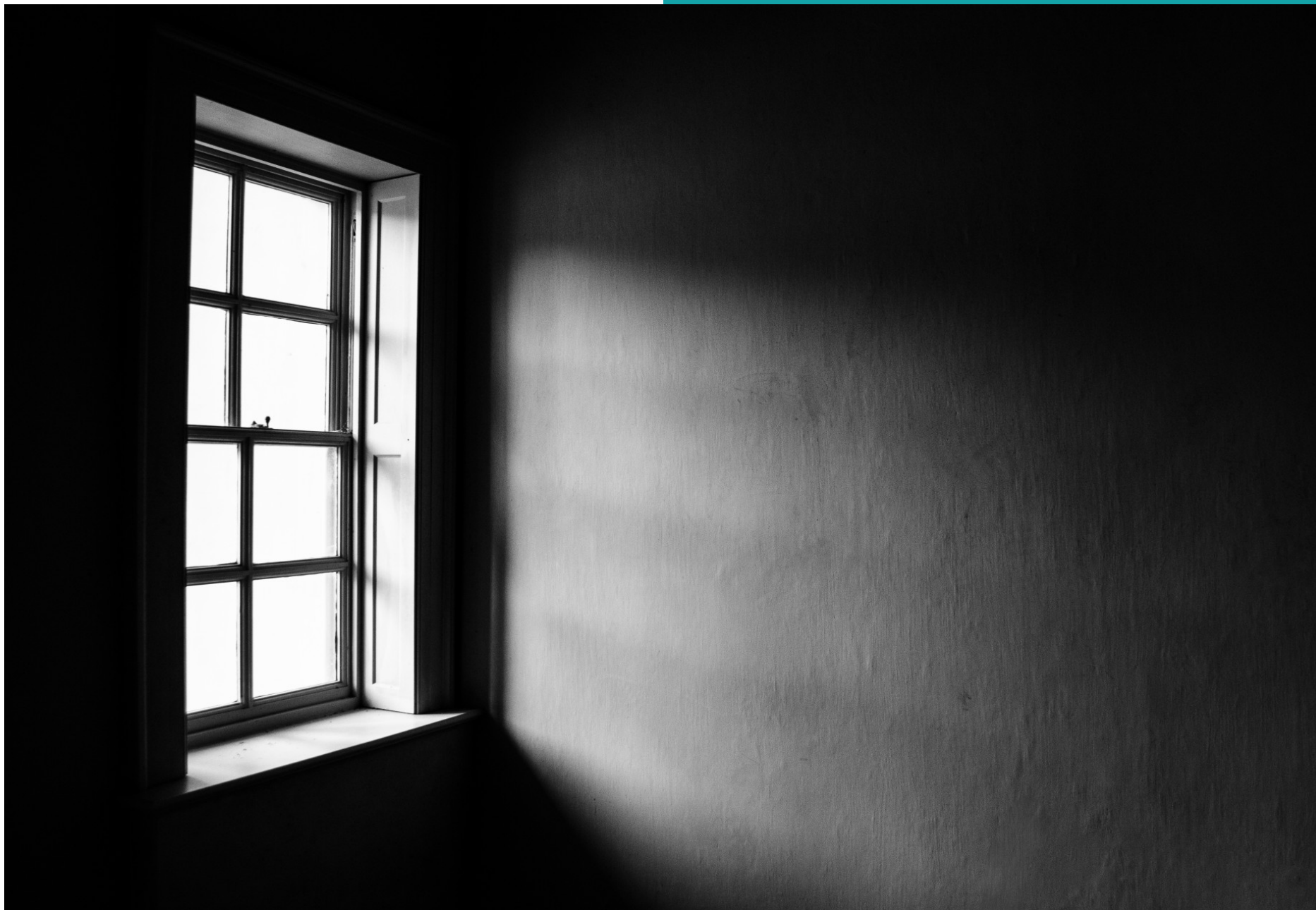


Figura. 7.1. Contrastes de luz de una ventana. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio Web. <http://www.gramunion.com/weztimonial.tumblr.com?page=7>



## BIBLIOGRAFÍA



## FIGURAS Y TABLAS

Figura. 1. Una ventana que se abre. Elaboración y Fuente: (Sharma, 2017)

Figura. 2. Reflejos Cuencanos. Elaboración y Fuente: (Cherres, 2018)

### CAPÍTULO I

Figura. 1. 1. Ventanas. Elaboración: Anónimo. Fuente: Sitio web <https://www.pinterest.ca/pin/378020962471294983/4>

Figura. 1.2. Ventanas y flores. Elaboración y Fuente: Grupo de Tesis

Figura. 1.3. Ventana vertical. Elaboración y Fuente: Grupo de Tesis

Figura. 1.4. Ventana y luz. Elaboración y Fuente: Grupo de Tesis

Figura. 1.5. Diagrama de Metodología de Estudio. Elaboración y Fuente: Grupo de Tesis

### CAPÍTULO II

Figura. 2.1. Window Box. Elaboración: (Guerra, 2014). Fuente: Plataforma Arquitectura.

Figura. 2.2. Domus Romana. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web. <https://www.doccity.com>

Figura. 2.3. Peristilo casas griegas, Reconstrucción de la casa de los Amorcillos Dorados, Pompeya. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web. <https://domus-romana.blogspot.com>

Figura. 2.4. Vidrieras de Sainte Chapelle. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web. <https://www.ventanassanmiguel.com>

Figura. 2.5. Palazzo Rucellai. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web. <https://www.pinterest.es>

Figura. 2.6. Palacio de Cristal del Retiro. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web. <http://luz-historia-arte>.

Figura. 2.7. Reliance Building. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web <http://asombroaarquitectura.blogspot.com>

Figura. 2.8. Villa Saboye. Elaboración: Desconocido. Fuente: Plataforma Arquitectura.

Figura. 2.9. Centro de Leyes. Elaboración: (Feinknopf, 2013) Fuente: Plataforma Arquitectura.

Figura. 2.10. Perfil de Aluminio con Vidrio Simple. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web <http://www.ventanasmonleon.com/aluminio>.

Figura. 2.11. Perfil de Madera con Vidrio Simple. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web <https://climalit.es/>

Figura. 2.12. Perfil de PVC con Doble Vidrio. Elaboración: Desconocido. Fuente: Plataforma Arquitectura

Figura. 2.13. Perfil de Aluminio Combinado con Marco de Madera Interior y Vidrio Simple. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio web <http://www.archiexpo.es>.

Figura. 2.14. Aleros Horizontales. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Citec UBB & Decon UC, 2012).

Figura. 2.15. Celosías. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Citec UBB & Decon UC, 2012).

Figura. 2.16. Protecciones Solares Interiores. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Citec UBB & Decon UC, 2012).

Figura. 2.17. Sistemas de Apertura. Elaboración: Grupo de

tesis. Fuente: (ASOMA, 2017;Climalit,2015).

Figura. 2.18. Posición de la Ventana. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Iturriaga Torres, 2008).

Figura. 2.19. Ganancias de Calor Directa e Indirecta. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Innova Chile, 2012).

Figura. 2.20. Estrategias de Calentamiento Pasivo. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Innova Chile, 2012).

Figura. 2. 21. Estrategias de Inercia Térmica. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INER, 2015).

Figura. 2.22. Estrategias de iluminación. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Innova Chile, 2012).

Figura. 2.23. El Flujo del Viento en las Proximidades de los Edificios. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Nico-Rodrigues, 2015).

Figura. 2.24. Proporción Para Ventilación Eficiente. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (The European Commission et al., 2007).

Figura. 2.25. Distribución del Viento por Ubicación de Aberturas. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Nico-Rodrigues, 2015).

Figura. 2.26. Efecto Chimenea. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Nico-Rodrigues, 2015).

Figura. 2.27. Estrategias de Ventilación Natural. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INER, 2015).

### **CAPÍTULO III**

Figura. 3.1. Ventana amarilla. Elaboración y Fuente: (Cirillo, 2018)

Figura. 3.2. Ubicación de casos de estudio. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.3. Especificaciones técnicas. Variables de las

ventanas Vivienda 1. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.4. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas Vivienda 1. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.5. Especificaciones técnicas. Variables de las ventanas Vivienda 2. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.6. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas Vivienda 2. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.7. Especificaciones técnicas. Variables de las ventanas Vivienda 3. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.8. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas Vivienda 3. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.9. Especificaciones técnicas. Variables de las ventanas Vivienda 4. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.10. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas Vivienda 4. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.11. Especificaciones técnicas. Variables de las ventanas Vivienda 5. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.12. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas Vivienda 5. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.13. Especificaciones técnicas. Variables de las ventanas Vivienda 6. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.14. Especificaciones técnicas. Características de las ventanas Vivienda 6. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.



Figura. 3.15. Índices de especificaciones técnicas de las ventanas. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.16. Índices de especificaciones técnicas de las ventanas, por espacios. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.17. Tipología 1 de ventana. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.18. Tipología 2 de ventana. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 3.19. Tipología 3 de ventana. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

#### **CAPÍTULO IV**

Figura. 4.1. La Sombra de la Ventana. Elaboración y Fuente: (Moscoso, 2018).

Figura. 4.2. Distribución de la Dirección del Viento. Elaboración y Fuente: (Windfinder, 2018)

Figura. 4.3. Ejemplo del cálculo de GhDT. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Nico-Rodrigues, 2015)

Figura. 4.4. Diagrama de Fluctuabilidad. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Nico-Rodrigues, 2015).

Figura 4.5. Diagramas de Fluctuabilidad. Modelos. Vivienda 5. Dormitorio Principal. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis

#### **CAPÍTULO V**

Figura. 5.1. Crematorium Siesegem. Elaboración: (Afasia, 2018). Fuente: Sitio web <https://afasiaarchzine.com/2018/11/kaan-architecten/simone-bossi-17/>

Figura. 5.2. Criterios Generales de Orientación. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.3. Criterios Generales de orientación. Distribución de espacios. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.4. Criterios Generales de superficie vidriada, espacios regulares, ventana horizontal. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.5. Criterios Generales de superficie vidriada, espacios regulares, ventana vertical. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.6. Criterios Generales de superficie vidriada, espacios regulares, ventana cuadrada. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.7. Criterios Generales de superficie vidriada, espacios irregulares, ventana horizontal. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.8. Criterios Generales de superficie vidriada, espacios irregulares, ventana vertical. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.9. Criterios Generales de superficie vidriada, espacios irregulares, ventana cuadrada. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.10. Criterios Generales de distribución de ventanas, ventana continua. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.11. Criterios Generales de distribución de ventanas, ventanas opuestas. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.12. Criterios de forma, ventana horizontal. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.13. Criterios de forma, ventana vertical.

Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.14. Criterios de forma, ventana cuadrada.

Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.15. Criterio de posición, posición central a media altura. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.16. Criterio de posición, posición en lo alto del cerramiento. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.17. Criterio de posición, posición piso techo. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.18. Criterio de posición, altura del dintel. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.19. Criterio de posición, ventanas opuestas. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.20. Criterio de sistemas de apertura, área para ventilación. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.21. Criterios de sistemas de apertura, sistemas herméticos. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.22. Criterios de componentes físicos, vidrio monolítico simple. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.23. Criterios de componentes físicos, doble vidrio y cámara de aire. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.24. Criterios de componentes físicos, ruptura del puente térmico. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.25. Criterios de componentes físicos, vidrio con tinte. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.26. Criterios de componentes físicos, divisiones en el marco para soporte. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.27. Criterios de componentes físicos, protecciones

solares. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.28. Otros criterios, vidrio templado para zonas de riesgo. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.29. Otros criterios, claraboya. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.30. Porcentajes de mejora. Vivienda 1. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.31. Porcentajes de mejora. Vivienda 2. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.32. Porcentajes de mejora. Vivienda 3. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.33. Porcentajes de mejora. Vivienda 4. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.34. Porcentajes de mejora. Vivienda 5. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 5.35. Porcentajes de mejora. Vivienda 6. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura. 6.1. Casa Montesinos Arce. Elaboración y Fuente: (Corral, 2019).

Figura. 7.1. Contrastes de luz de una ventana. Elaboración: Desconocido. Fuente: Sitio Web. <http://www.gramunion.com/weztimonia1.tumblr.com?page=7>

Figura. 8.1. Menos es más. Elaboración: (Cirillo, 2018). Fuente: Sitio Web. <https://www.xatakafoto.com/colecciones/el-menos-es-mas-cumplido-a-rajatabla-en-las-fotografias-minimalismas-de-arquitectura-de-stefano-cirillo>



## CAPÍTULO II

Tabla. 2.1. Valores de reflectancia de superficies interiores. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Citec UBB & Decon UC, 2012).

Tabla. 2.2. Iluminación Natural en Edificios. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INEN, 1984).

Tabla. 2.3. Ventilación Natural en Edificios. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INEN, 1984).

Tabla. 2.4. Estándares de Confort en Ambientes Interiores. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Quesada & Bustillos, 2018).

Tabla. 2.5. Resumen del Marco Normativo. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INEN, 1984; Quesada & Bustillos, 2018).

## CAPÍTULO III

Tabla. 3.1. Descripción Vivienda 1. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 3.2. Descripción Vivienda 2. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 3.3. Descripción Vivienda 3. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 3.4. Descripción Vivienda 4. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 3.5. Descripción Vivienda 5. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 3.6. Descripción Vivienda 6. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 3.7. Porcentajes de iluminación y ventilación, según el POT. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

## CAPÍTULO IV

Tabla. 4.1. Estándares Referenciales. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (INEN, 1984; Quesada & Bustillos, 2018).

Tabla. 4.2. Zona climática de Cuenca-Ecuador. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (MIDUVI, 2018).

Tabla. 4.3. Componentes Constructivos. Elaboración: Grupo de tesis. Fuente: (Design Builder, 2018; INEN, 2009).

Tabla. 4.4. Resumen del Análisis de Desempeño Térmico. Estado Actual. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla 4.5. Diagramas de fluctuabilidad. Análisis de desempeño térmico en estado actual. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.6. Resumen del Análisis del Desempeño Lumínico. Estado Actual. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla 4.7. Análisis del desempeño lumínico en estado actual. Gráficos de iluminación. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.8. Resumen del Análisis de Calidad del Aire. Estado Actual. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.9. Síntesis de Resultados. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.10. Descripción de Tipologías. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.11. Resumen del Análisis del Desempeño Térmico. Tipologías. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla 4.12. Diagramas de fluctuabilidad. Análisis de desempeño térmico de tipologías. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.13. Resumen del Análisis del Desempeño Lumínico. Tipologías. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Figura 4.14. Análisis del desempeño lumínico de tipologías. Gráficos de iluminación. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.15. Análisis de la Calidad del Aire. Tipologías. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla 4.16. Descripción de modelos. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.17. Resumen del Análisis de Desempeño Térmico. Modelos. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.18. Análisis del Desempeño Lumínico de modelos. Gráficos de iluminación. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.19. Resumen del Análisis de Desempeño. Orientación. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.20. Resumen del Análisis de Desempeño. Modelo. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla. 4.21. Resumen del Análisis de Desempeño. Posición. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla 4.22. Porcentajes de superficie vidriada, resumen de las simulaciones. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla 4.23. Porcentajes de superficie vidriada, propuestas por espacio, modelo y posición. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla 4.25. Análisis de protecciones solares. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

Tabla 4.26. Análisis del tipo de vidrio. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.

## CAPÍTULO V

Tabla. 5.1. Aplicación de criterios de diseño, problemáticas y estrategias. Elaboración y Fuente: Grupo de tesis.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Al horr, Y., Arif, M., Katafygiotou, M., Mazroei, A., Kaushik, A., & Elsarrag, E. (2016). Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/J.IJSBE.2016.03.006>
2. Arcas-Abella, J., Pagès-Ramon, A., & Casals-Tres, M. (2011). El futuro del hábitat: Repensando la habitabilidad desde la sostenibilidad. El caso español. *Revista INVI*, 26(72), 65–93. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582011000200003>
3. Arévalo, O., & Novillo, W. (2018). Incidencia de los aspectos formales de diseño en el desempeño energético de viviendas unifamiliares en el área urbana del cantón Cuenca.
4. ARQHYS. (2012). Captación Solar Pasiva. Recuperado de <http://casasolarpasiva.com/>
5. Arredondo, C., & Reyes, E. (2014). Manual de vivienda sustentable Principios básicos de diseño (Primera ed). Mexico: Editorial Trillas, S. A de C. V.
6. ASOMA. (2017). ¿Qué tipos de apertura de ventanas existen? Recuperado de <http://www.asomatealaventana.org/2017/03/15/tipos-apertura-ventanas-existen/>
7. Bluyssen, P. M. (2009). Towards an integrative approach of improving indoor air quality. *Building and Environment*, 44(9), 1980–1989. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.01.012>
8. Brunsgaard, C., Heiselberg, P., Knudstrup, M.-A., & Larsen, T. (2012). Evaluation of the Indoor Environment of Comfort Houses: Qualitative and Quantitative Approaches.
9. Calle, P., & Chuquimarca, W. (2018). Análisis de factibilidad para la implementación de fotolineras en la ciudad de Cuenca.
10. CEI, & IDAE. Guía Técnica para el Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios (2005). España.
11. Chávez de Paz, D. (2012). CONCEPTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN LA INVESTIGACIÓN JURÍDICO SOCIAL. *Revista Facultad de Derecho y Ciencia Política de La UNMSM*, 0(0).
12. Chow, T., Lin, Z., Fong, K., Chan, L., & He, M. (2009). Thermal performance of natural airflow window in subtropical and temperate climate zones – A comparative study. *Energy Conversion and Management*, 50(8), 1884–1890. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.04.028>
13. Citec UBB. Manual de hermeticidad al aire de edificaciones, 53 *Journal of Chemical Information and Modeling* § (2013). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
14. Citec UBB, & Decon UC. Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos (2012). Chile.

15. Climalit. (2015). Tipos de ventanas que puedes poner en tu casa. Recuperado de <https://climalit.es/blog/tipos-de-ventanas-para-casa/>
16. Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Norma Ecuatoriana de la Construcción - Eficiencia Energetica en la construccion en Ecuador, 13 § (2011). Ecuador. Recuperado de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energ3a9tica-en-la-construccic3b3n-en-ecuador-021412.pdf>
17. Cordero, X., & Guillén, V. (2013). Diseño y validación de vivienda bioclimática para la ciudad de Cuenca, (2), 61–75. Recuperado de <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/estoa/article/viewFile/303/256>
18. Dili, A. S., Naseer, M. A., & Varghese, T. Z. (2010). Passive environment control system of Kerala vernacular residential architecture for a comfortable indoor environment: A qualitative and quantitative analyses. *Energy and Buildings*, 42(6), 917–927. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.01.002>
19. D'Alençon, R., & Toledo, F. (2008). *Acondicionamientos: Arquitectura y Técnica* (Ediciones). Santiago.
20. Envolvente Arquitectónica. (2013). *La Estrategia de Iluminación Natural en los Edificios*.
21. Ghisi, E., Tinker, J. A., & Ibrahim, S. H. (2005). Área De Janela E Dimensões De Ambientes Para Iluminação Natural E Eficiência Energética: Literatura Versus Simulação Computacional. *Ambiente Construído*, 5(4), 81–93.
22. Gómez, D., & De Olabarria, J. (s. f.). Influencia de las ventanas en la eficiencia energética de los edificios.
23. Guimarães, M. (2008). Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en Clima Cálido-Húmedo Análisis térmico de la cubierta ventilada. *Universidad Politecnica de Catalunya*, 88.
24. Gustavsen, A., Grynninga, S., Arasteh, D., Jelle, B. P., & Goudey, H. (2011). Key elements of and material performance targets for highly insulating window frames. *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.05.010>
25. Hernández, P. J. (2014). CAPTACIÓN SOLAR PASIVA. Recuperado de <https://pedrojhernandez.com/2014/03/19/captacion-solar-pasiva/>
26. INEC. (2010). Fascículo provincial Azuay. Cuenca.
27. INEN. INEN 1152 Iluminación Natural en Edificios (1984). Ecuador.
28. INEN. NTE INEN 1126: Ventilación Natural de Edificios (1984). Ecuador.
29. Iturriaga Torres, A. (2008). La Ventana, Análisis y Estrategias respecto a la Energía Solar. UPC. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(08\)00033-3](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(08)00033-3)
30. Larrumbide, E., & Bedoya, C. (2015). El comportamiento del hueco de ventana en la arquitectura vernácula mediterránea española ante las necesidades de acondicionamiento solar. *Informes de la Construcción*, 67(539),



- e105. <https://doi.org/10.3989/ic.14.056>
31. Laverge, J., Van Den Bossche, N., Heijmans, N., & Janssens, A. (2011). Energy saving potential and repercussions on indoor air quality of demand controlled residential ventilation strategies. *Building and Environment*, 46(7), 1497–1503. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.01.023>
  32. MIDUVI. Norma Ecuatoriana de la Construcción. Vidrio (2014). Ecuador.
  33. MIDUVI. Norma Ecuatoriana de la Construcción. Eficiencia energética en edificaciones residenciales (EE) (2018). Ecuador.
  34. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2016). Plan Nacional de Ciencia Energética 2016-2035. Quito.
  35. Molina, C., & Veas, L. (2012). Evaluación del confort térmico en recintos de 10 edificios públicos de Chile en invierno, 27–38. <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2012000200004>
  36. Nico-Rodrigues, E. A. (2008). Janelas x ventilação: modelo de apoio à escolha de janelas para edificações multifamiliares em Vitória, ES.
  37. Nico-Rodrigues, E. A. (2015). Influência da janela no desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente.
  38. Nico-Rodrigues, E. A., & Engel de Alvarez, C. (2011). Método de Avaliação de Desempenho para Janelas em Residências Multifamiliares em Vitória-ES : Ênfase no Conforto Proporcionado pela Ventilação. *Habitat Sustentable*, 1(1), 14–24.
  39. Ordóñez, A. (2017). Manual de ayuda DesignBuilder en español.
  40. Palme, M., Lobato, A., Castillo, J., Villacreses, G., & Almaguer, M. Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energia en viviendas, INER § (2015). Ecuador.
  41. Plataforma Arquitectura. (2014). Materiales: Ventanas, Componentes y Detalles.
  42. Quesada, F., & Bustillos, D. (2018). Indoor Environmental Quality of Urban Residential in Cuenca-Ecuador: Comfort Standard. <https://doi.org/10.3390/buildings8070090>
  43. Quesada M., F., Calle P., A., Guillén M., V., Ortiz F., J., & Lema P., K. (2018). Sustainable Housing Assessment Method in the City of Cuenca, Ecuador, (January). Recuperado de <https://www.researchgate.net/>
  44. Ripoll i Masferrer, R. (1983). Les masies de les comarques de Girona (Gothia). Girona.
  45. Rocchio, D. (2014). Sustentabilidad Ambiental - Estrategias y proyectos arquitectonicos. (Codeu, Ed.). Quito.
  46. Rodriguez, M. (2008). Introduccion a la Arquitectura Bioclimatica. (Limusa, Ed.). Mexico: Universidad Autonoma Metropolitana.
  47. Roldán, P. L. (1996). La construcción de tipologías : metodología de análisis, 9–29.

48. Ruiz, L., & García Sanz, M. P. (2010). Calidad del Ambiente Interior. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 1–22. Recuperado de <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Calidad del ambiente interior/CalidadambinteriorDTECAI.pdf>
49. Sacristán, C. (2018). Calidad ambiental interior, ¿un lujo o una necesidad\_ - Climatización e Instalaciones. Recuperado de <https://www.tuv-sud.es/es-es/prensa-es/noticias-1/calidad-ambiental-interior-un-lujo-o-una-necesidad>
50. Secretaria General de Planificación. Reforma, actualización, complementación y codificación de la Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento territorial del cantón Cuenca, Municipalidad de Cuenca § (2002).
51. Senplades. (2013). Plan Nacional Buen Vivir. Quito.
52. SERVIU. (2007). Evaluacion Bioclimatica de Proyectos De Viviendas Programa Fondo Solidario de Vivienda 2007.
53. Taleb, H. M., & Sharples, S. (2011). Developing sustainable residential buildings in Saudi Arabia: A case study. *Applied Energy*, 88(1), 383–391. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.07.029>
54. The European Commission, Architects' Council of Europe, Energy Research Group, Softech, & Suomen Arkkitehtiliitto. (2007). *Un Vitruvio Ecológico Principios y Práctica del Proyecto Arquitectónico Sostenible*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
55. Trebilcock, M., Soto-Muñoz, J., Yañez, M., & Figueroa-San Martín, R. (2017). The right to comfort: A field study on adaptive thermal comfort in free-running primary schools in Chile. *Building and Environment*, 114, 455–469. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.036>
56. Vargas, F., & Gallego, I. (2005). Calidad ambiental Interior: Bienestar, Confort y Salud, 243–251.
57. Ventanas San Miguel. (2017). La evolución de las ventanas a lo largo de la historia - Ventanas San Miguel. Recuperado de <https://www.ventanassanmiguel.com/la-evolucion-de-las-ventanas-en-la-historia/>
58. Vilssa. (2013). Estrategias de ventilación, ventilación natural, ventilación cruzada. Recuperado de <http://vilssa.com/ventilacion-natural-ventilacion-cruzada>
59. Wang, B., & Malkawi, A. (2019). Design-based natural ventilation evaluation in early stage for high performance buildings. *Sustainable Cities and Society*, 45, 25–37. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2018.11.024>



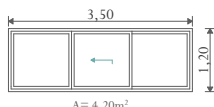
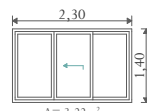
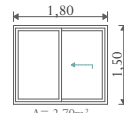


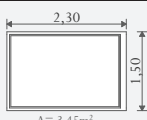


Figura. 6.2. Menos es más. Elaboración y Fuente: (Cirillo, 2018)

# ANEXOS

	Anexo 01:
	Especificaciones Técnicas
	Anexo 02:
Registro climático (fichero ECU_AZUAY_CUENCA_UPS.epw)	Anexo 03:
	Registro de simulación Estado actual.
	Anexo 04:
	Registro de simulación Tipología.
	Anexo 05:
	Análisis de Materialidad.
	Anexo 06:
Registro de simulación Modelo de ventanas.	

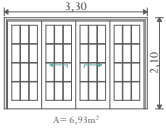
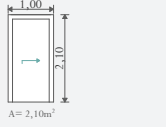
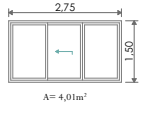
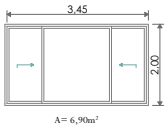
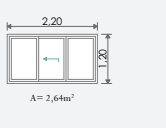
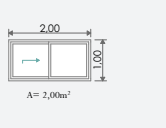
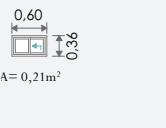
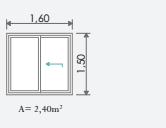
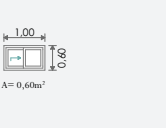


ANEXO 01: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

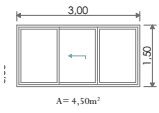
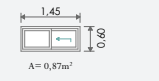
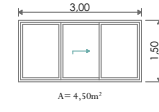
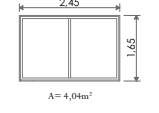
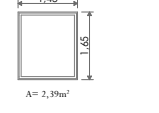
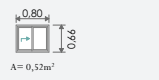
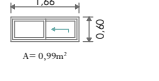
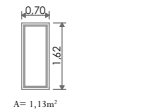
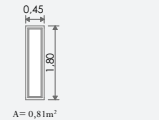
ID Ventana		Esquema	Dimensiones			Forma	Ubicación (Espacio)	Proporción		Tipo de apertura	Componentes			Pocisión	Orientación
			Largo (m)	Altura (m)	Área (m2)			Coeficiente de Forma			Materialidad del marco	Tipo de vidrio	Protecciones solares		
Vivienda 1	V1.1		3,5	1,2	4,2	Rectangular Horizontal	Comedor	1/3	Horizontal	Corrediza 33,33%	Aluminio	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Este
	V1.2		2,3	1,4	3,22	Rectangular Horizontal	Dormitorio	3/5	Intermedia	Corrediza 33,33%	Aluminio	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Este
	V1.3		1,8	1,5	2,7	Rectangular Horizontal	Dormitorio	5/6	Intermedia	Corrediza 50%	Aluminio	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Este
	V1.4		0,77	0,55	0,4235	Rectangular Horizontal	Baño compartido	5/7	Intermedia	Corrediza 50%	Aluminio	Simple transparente	*	Vano en lo alto del cerramiento	Oeste
	V1.5		0,77	0,42	0,3234	Rectangular Horizontal	Baño principal	1/2	Horizontal	Corrediza 50%	Aluminio	Simple transparente	*	Vano en lo alto del cerramiento	Norte
	V1.6		2,3	1,5	3,45	Rectangular Horizontal	Cocina	2/3	Intermedia	Fija	Aluminio	Simple transparente	*	Vano a media altura-esquina	Sur-Oeste
	V1.7		1,1	1,5	1,65	Rectangular Vertical	Cocina	1 1/3	Intermedia	Fija	Aluminio	Simple transparente	*	Vano a media altura-esquina	Sur
	R1.1		3,2	2,1	6,72	Rectangular Horizontal	Sala	2/3	Intermedia	Corrediza 50%	Madera	Simple transparente	*	Vano piso-techo	Oeste

Vivienda 1

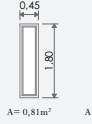
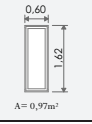
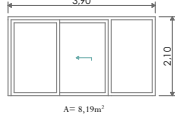
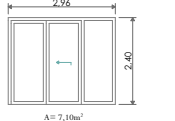
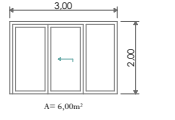
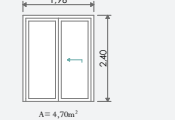
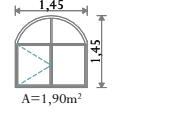
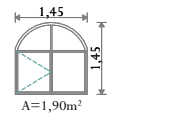
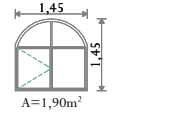


R1.2		3,3	2,1	6,93	Rectangular Horizontal	Dormitorio principal	2/3	Intermedia	Corrediza 50%	Madera	Simple transparente	*	Vano piso-techo	Sur
R1.3		1	2,1	2,1	Rectangular Vertical	Cocina	2 1/9	Vertical	Corrediza 50%	Madera	Simple transparente	*	Vano piso-techo	Sur
V2.1		2,75	1,5	4,125	Rectangular Horizontal		1/2	Horizontal	Corrediza 33,33%	Aluminio	Simple con tinte	*	Vano en lo alto del cerramiento	Norte
V2.2		3,45	2	6,9	Rectangular Horizontal	Sala	4/7	Intermedia	Corrediza 50%	Aluminio con marco exterior de madera	Simple con tinte	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Oeste
V2.3		2,2	1,2	2,64	Rectangular Horizontal	Cocina	1/2	Horizontal	Corrediza 33,33%	Aluminio	Simple con tinte	Cortinas de Tela	Vano en lo alto del cerramiento	Oeste
V2.4		2	1	2	Rectangular Horizontal	Lavanderia	1/2	Horizontal	Corrediza 50%	Aluminio	Simple con tinte	*	Vano a media altura central	Sur
V2.5		0,6	0,36	0,216	Rectangular Horizontal	Baño principal	3/5	Intermedia	Corrediza 50%	Aluminio	Simple con tinte	*	Vano en lo alto del cerramiento	Oeste
V2.6		1,6	1,5	2,4	Rectangular Horizontal	Cuarto de Planchado	1	Intermedia	Corrediza 50%	Aluminio	Simple con tinte	Persianas	Vano a media altura central	Este
V2.7		1	0,6	0,6	Rectangular Horizontal	Baño	3/5	Intermedia	Corrediza 50%	Aluminio	Grabado	*	Vano en lo alto del cerramiento	Este



Vivienda 2	V2.8		3	1,5	4,5	Rectangular Horizontal	Dormitorio	1/2	Horizontal	Corrediza 33,33%	Aluminio	Simple con tinte	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Norte
	V2.9		1,45	0,6	0,87	Rectangular Horizontal	Baño	2/5	Horizontal	Corrediza 50%	Aluminio	Grabado	*	Vano en lo alto del cerramiento	Norte
	V2.10		3	1,5	4,5	Rectangular Horizontal	Dormitorio	1/2	Horizontal	Corrediza 33,33%	Aluminio	Simple con tinte	Cortinas de Tela	Vano a media altura centra	Norte
	V2.11		2,45	1,65	4,0425	Rectangular Horizontal	Estar	2/3	Intermedia	Fija	Aluminio con marco interior de madera	Simple con tinte	*	Vano a media altura-esquina	Norte
	V2.12		1,45	1,65	2,3925	Rectangular Vertical	Estar	1 1/7	Intermedia	Fija	Aluminio con marco interior de madera	Simple con tinte	*	Vano a media altura-esquina	Norte
	V2.13		0,8	0,66	0,528	Rectangular Vertical	Baño	5/6	Intermedia	Corrediza 50%	Aluminio	Simple con tinte	*	Vano en lo alto del cerramiento	Norte
	V2.14		1,66	0,6	0,996	Rectangular Horizontal	Dormitorio	1/3	Horizontal	Corrediza 50%	Aluminio	Simple con tinte	Cortinas de Tela	Vano en lo alto del cerramiento	Este
	V2.15		0,7	1,62	1,134	Rectangular Vertical	Estar	2 1/3	Vertical	Fija	Aluminio	Simple deslustrado	*	Vano a media altura central	Este
	V2.16		0,45	1,8	0,81	Rectangular Vertical	Pasillo	4	Vertical	Fija	Madera	Simple deslustrado	*	Vano a media altura central	Sur



V2.17		0,45	1,8	0,81	Rectangular Vertical	Pasillo	4	Vertical	Fija	Madera	Simple deslustrado	*	Vano a media altura central	Sur
V2.18		0,6	1,62	0,972	Rectangular Vertical	Pasillo	2 5/7	Vertical	Fija	Madera	Simple deslustrado	*	Vano a media altura central	Norte
R2.1		3,9	2,1	8,19	Rectangular Horizontal	Estar	1/2	Horizontal	Corrediza 33,33%	Aluminio con marco interior de madera	Simple con tinte	*	Vano piso-techo	Norte
R2.2		2,96	2,4	7,104	Rectangular Horizontal	Dormitorio Principal	4/5	Intermedia	Corrediza 33,33%	Aluminio	Simple con tinte	Persianas	Vano piso-techo	Este
R2.3		3	2	6	Rectangular Horizontal	Dormitorio	2/3	Intermedia	Corrediza 33,33%	Aluminio	Simple con tinte	Cortinas de Tela	Vano piso-techo	Norte
R2.4		1,96	2,4	4,704	Rectangular Vertical	Cocina	1 2/9	Intermedia	Corrediza 50%	Aluminio	Simple con tinte	*	Vano piso-techo	Este
V3.1		1,45	1,2		Rectangular horizontal con arco rebajado	Sala	5/6	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Nor-Este
V3.2		1,45	1,2		Rectangular horizontal con arco rebajado	Sala	5/6	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Nor-Este
V3.3		1,45	1,2		Rectangular horizontal con arco rebajado	Sala	5/6	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Nor-Oeste

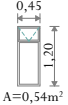


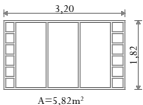
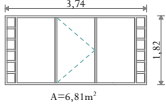

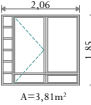
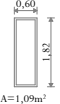



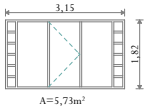
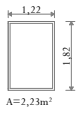

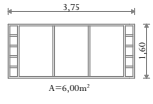
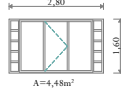
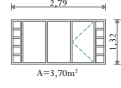


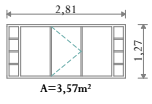
V3.4		1,45	1,2		Rectangular horizontal con arco rebajado	Sala	5/6	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Nor-Oeste
V3.5		0,45	1,2	0,54	Rectangular Vertical	Comedor	2 2/3	Vertical	Proyectable 33,33%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Nor-Oeste
V3.6		1,15	1,2	1,38	Rectangular Horizontal	Comedor	1	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Sur-Oeste
V3.7		1,2	1,2	1,44	Cuadrada	Comedor	1	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Sur-Oeste
V3.8		0,77	1,2		Rectangular vertical con arco de medio punto	Cocina	1 5/9	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	*	Vano a media altura-esquina	Nor-Oeste
V3.9		0,75	1	0,75	Rectangular Vertical	Lavanderia	1 1/3	Intermedia	Corrediza 50%	Hierro	Simple transparente	*	Vano a media altura-esquina	Sur-Este
V3.10		0,63	0,4	0,252	Rectangular Horizontal	Lavanderia	5/8	Intermedia	Corrediza 50%	Hierro	Simple transparente	*	Vano en lo alto del cerramiento	Sur-Este
V3.11		1,59	1	1,59	Rectangular Horizontal	Bodega	5/8	Intermedia	Corrediza 50%	Aluminio	Simple con tinte		Vano en lo alto del cerramiento	Sur-Oeste
V3.12		3	1,2	3,6	Rectangular Horizontal	Dormitorio	2/5	Horizontal	Corrediza 33,33%	Aluminio	Simple con tinte	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Nor-Este



Vista	V3.13		1,75	1,2	2,1	Rectangular Horizontal	Sala de estudio	2/3	Intermedia	Abatible 33,33%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Nor-Este
	V3.14		0,75	0,6	0,45	Rectangular Horizontal	Baño social	4/5	Intermedia	Corrediza 50%	Hierro	Simple transparente	*	Vano en lo alto del cerramiento	Nor-Este
	V3.15		1,75	1,2		Rectangular horizontal con arco rebajado	Oratorio	2/3	Intermedia	Abatible 33,33%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Nor-Este
	V3.16		0,75	0,6	0,45	Rectangular Horizontal	Baño	4/5	Intermedia	Corrediza 50%	Hierro	Simple transparente	*	Vano en lo alto del cerramiento	Nor-Este
	V3.17		1,02	1,2	1,224	Rectangular vertical con arco de medio punto	Pasillo	1 1/6	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	*	Vano a media altura-esquina	Nor-Este
	V3.18		0,45	1,2	0,54	Rectangular Vertical	Dormitorio	2 2/3	Vertical	Proyectable 33,33%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Nor-Oeste
	V3.19		1,16	1,2		Rectangular vertical con arco rebajado	Dormitorio	1	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Sur-Oeste
	V3.20		1,16	1,2		Rectangular vertical con arco rebajado	Dormitorio	1	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Sur-Oeste
	V3.21		1,76	1,2		Rectangular horizontal con arco rebajado	Dormitorio	2/3	Intermedia	Abatible 33,33%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Sur-Oeste

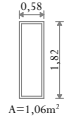
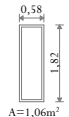
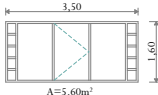


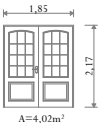
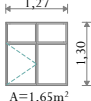

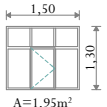


V3.22		0,45	1,2	0,54	Rectangular Vertical	Dormitorio	2 2/3	Vertical	Proyectable 33,33%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Sur-Oeste
V3.23		1,37	1,2	1,64	Rectangular Horizontal	Dormitorio	7/8	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Sur-Este
V3.24		0,76	1,2		Rectangular vertical con arco rebajado	Oratorio	1 4/7	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura central	Sur-Este
V4.1		3,2	1,82	5,82	Rectangular Horizontal	Estar	4/7	Intermedia	Fija	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Norte
V4.2		3,74	1,82	6,8068	Rectangular Horizontal	Estar	1/2	Horizontal	Abatible 33,33%	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Oeste
V4.3		0,88	1,41	1,2408	Rectangular Vertical	Lavanderia	1 3/5	Intermedia	Guillotina 50%	Madera	Simple transparente	*	Vano a media altura-esquina	Oeste
V4.5		2,06	1,85	3,811	Rectangular Horizontal	Comedor	8/9	Intermedia	Abatible 50%	Madera	Simple transparente	*	Vano a media altura-central	Este
V4.6		0,6	1,82	1,092	Rectangular Vertical	Sala	3	Vertical	Fija	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-central	Este
V4.7		0,6	1,82	1,092	Rectangular Vertical	Sala	3	Vertical	Fija	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-central	Este










Vivienda 4	V4.8		3,15	1,82	5,733	Rectangular Horizontal	Sala	4/7	Intermedia	Abatible 33,33%	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Norte
	V4.9		1,27	1,82	2,3114	Rectangular Vertical	Sala	1 3/7	Intermedia	Fija	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Oeste
	V4.10		0,45	0,87	0,3915	Rectangular Vertical	Baño social	2	Intermedia	Abatible interior 100%	Madera	Simple transparente	*	Vano en lo alto del cerramiento	Oeste
	V4.11		3,75	1,6	6	Rectangular Horizontal	Dormitorio	3/7	Horizontal	Fija	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Norte
	V4.12		2,8	1,6	4,48	Rectangular Horizontal	Dormitorio	4/7	Intermedia	Abatible 33,33%	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Oeste
	V4.13		2,8	1,32	3,696	Rectangular Horizontal	Dormitorio	1/2	Horizontal	Abatible 33,33%	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-central	Oeste
	V4.14		1,58	0,77	1,2166	Rectangular Horizontal	Baño	1/2	Horizontal	Abatible 33,33%	Madera	Simple transparente	*	Vano en lo alto del cerramiento	Este
	V4.15		0,44	0,76	0,3344	Rectangular Vertical	Baño	1 5/7	Intermedia	Abatible 100%	Madera	Simple transparente	*	Vano en lo alto del cerramiento	Sur
	V4.16		2,81	1,27	3,5687	Rectangular Horizontal	Dormitorio	4/9	Horizontal	Abatible 33,33%	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-central	Sur




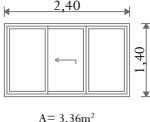
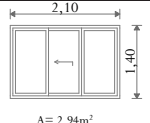

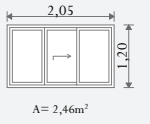
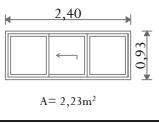

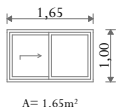


V4.17		0,58	1,82	1,0556	Rectangular Vertical	Dormitorio	3 1/7	Vertical	Fija	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-central	Este
V4.18		0,58	1,82	1,0556	Rectangular Vertical	Dormitorio	3 1/7	Vertical	Fija	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-central	Este
V4.19		3,5	1,6	5,6	Rectangular Horizontal	Dormitorio	1/2	Horizontal	Abatible 33,33%	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Norte
V4.20		1,82	1,6	2,912	Rectangular Horizontal	Dormitorio	7/8	Intermedia	Fija	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Oeste
V4.21		0,3	1,3	0,39	Rectangular Vertical	Baño	4 1/3	Vertical	Guillotina 50%	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Oeste
R4.1		1,88	2,18	4,0984	Rectangular Vertical	Comedor	1 1/6	Intermedia	Abatible 50%	Madera	Simple transparente	*	Vano piso-techo	Este
V5.1		1,27	1,3	1,651	Rectangular Vertical	Estar	1	Intermedia	Abatible 33,33%	Hierro	Simple transparente	Persianas	Vano a media altura-central	Sur-Oeste
V5.2		0,9	1,18	1,062	Rectangular Vertical	Sala	1 1/3	Intermedia	Fija	Hierro	Simple transparente	Persianas	Vano a media altura-esquina	Sur-Oeste
V5.3		1,5	1,3	1,95	Rectangular Horizontal	Sala	7/8	Intermedia	Abatible 25%	Hierro	Simple transparente	Persianas	Vano a media altura-esquina	Nor-Oeste

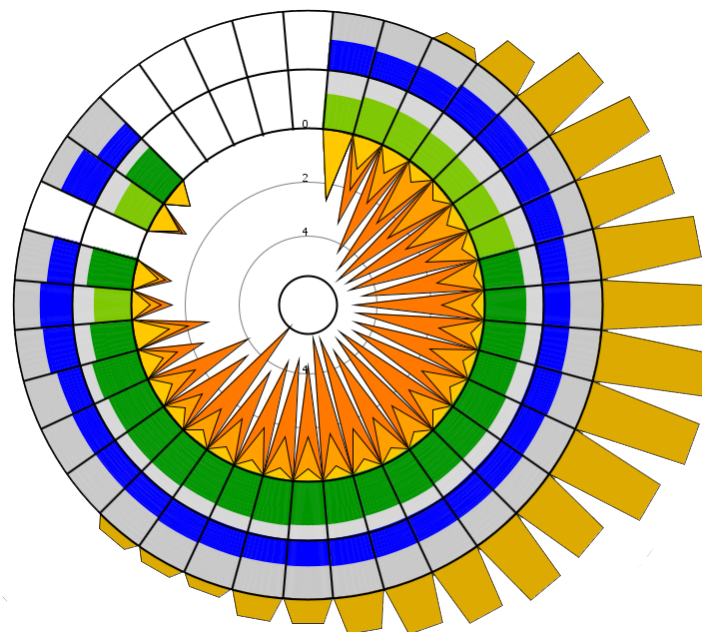


Vivienda 5	V5.4		0,9	1	0,9	Rectangular Vertical	Comedor	1 1/9	Intermedia	Fija	Madera	Simple transparente	*	Vano a media altura-central	Nor-Este
	V5.5		0,7	1,1	0,77	Rectangular Vertical	Cocina	1 4/7	Intermedia	Abatible 33,33%	Hierro	Simple transparente	*	Vano en lo alto del cerramiento	Nor-Este
	V5.6		0,74	0,84	0,6216	Rectangular Vertical	Cocina	1 1/7	Intermedia	Abatible 33,33%	Hierro	Simple transparente	*	Vano en lo alto del cerramiento	Nor-Este
	V5.7		0,73	0,98	0,7154	Rectangular Vertical	Dormitorio	1 1/3	Intermedia	Fija	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-central	Sur-Oeste
	V5.8		0,7	0,98	0,686	Rectangular Vertical	Dormitorio	1 2/5	Intermedia	Fija	Madera	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-central	Sur-Oeste
	V5.9		0,86	1,28	1,1008	Rectangular Vertical	Baño	1 1/2	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	*	Vano a media altura-esquina	Sur-Oeste
	V5.10		1,36	1,3	1,768	Rectangular Horizontal	Dormitorio	1	Intermedia	Abatible 25%	Hierro	Simple transparente	Persianas	Vano a media altura-central	Sur-Oeste
	V5.11		1,4	1,34	1,876	Rectangular Horizontal	Dormitorio	1	Intermedia	Abatible 33,33%	Hierro	Simple transparente	Persianas	Vano a media altura-central	Sur-Oeste
	V5.12		1,5	1,17	1,755	Rectangular Horizontal	Estar-estudio	7/9	Intermedia	Abatible 33,33%	Hierro	Simple transparente	*	Vano a media altura-central	Nor-Este

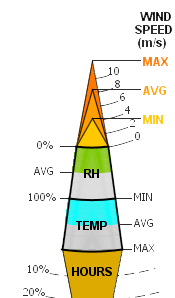


Vivienda 6	V5.13		0,8	0,57	0,456	Rectangular Horizontal	Baño	5/7	Intermedia	Abatible 50%	Hierro	Simple transparente	*	Vano en lo alto del cerramiento	Nor-Este
	V6.1		2,4	1,4	3,36	Rectangular Horizontal	Sala-comedor	3/5	Intermedia	Corrediza 33,33%	Hierro	Simple con tinte	Cortinas de Tela	Vano a media altura-central	Nor-Este
	V6.2		2,1	1,4	2,94	Rectangular Horizontal	Estudio	2/3	Intermedia	Corrediza 33,33%	Hierro	Simple con tinte	Cortinas de Tela	Vano a media altura-central	Nor-Este
	V6.3		0,53	1,4	0,742	Rectangular Vertical	Estudio	2 2/3	Vertical	Fija	Hierro	Simple con tinte	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Nor-Este
	V6.4		2,05	1,2	2,46	Rectangular Horizontal	Cocina	3/5	Intermedia	Corrediza 33,33%	Hierro	Simple con tinte	*	Vano a media altura-central	Nor-Oeste
	V6.5		2,4	0,93	2,232	Rectangular Horizontal	Dormitorio	2/5	Horizontal	Corrediza 33,33%	Hierro	Simple con tinte	Cortinas de Tela	Vano a media altura-central	Nor-Este
	V6.6		0,65	0,35	0,2275	Rectangular Horizontal	Baño	1/2	Horizontal	Corrediza 50%	Hierro	Simple con tinte	*	Vano en lo alto del cerramiento	Nor-Este
	V6.7		1,65	1	1,65	Rectangular Horizontal	Dormitorio	3/5	Intermedia	*	Hierro	Simple transparente	Cortinas de Tela	Vano a media altura-esquina	Nor-Oeste

## REGISTRO CLIMÁTICO



N  
↑  
JANUARY - DECEMBER



### TEMPERATURE (Deg. C)

- < 0
- 0 - 21
- 21 - 27
- 27 - 38
- > 38

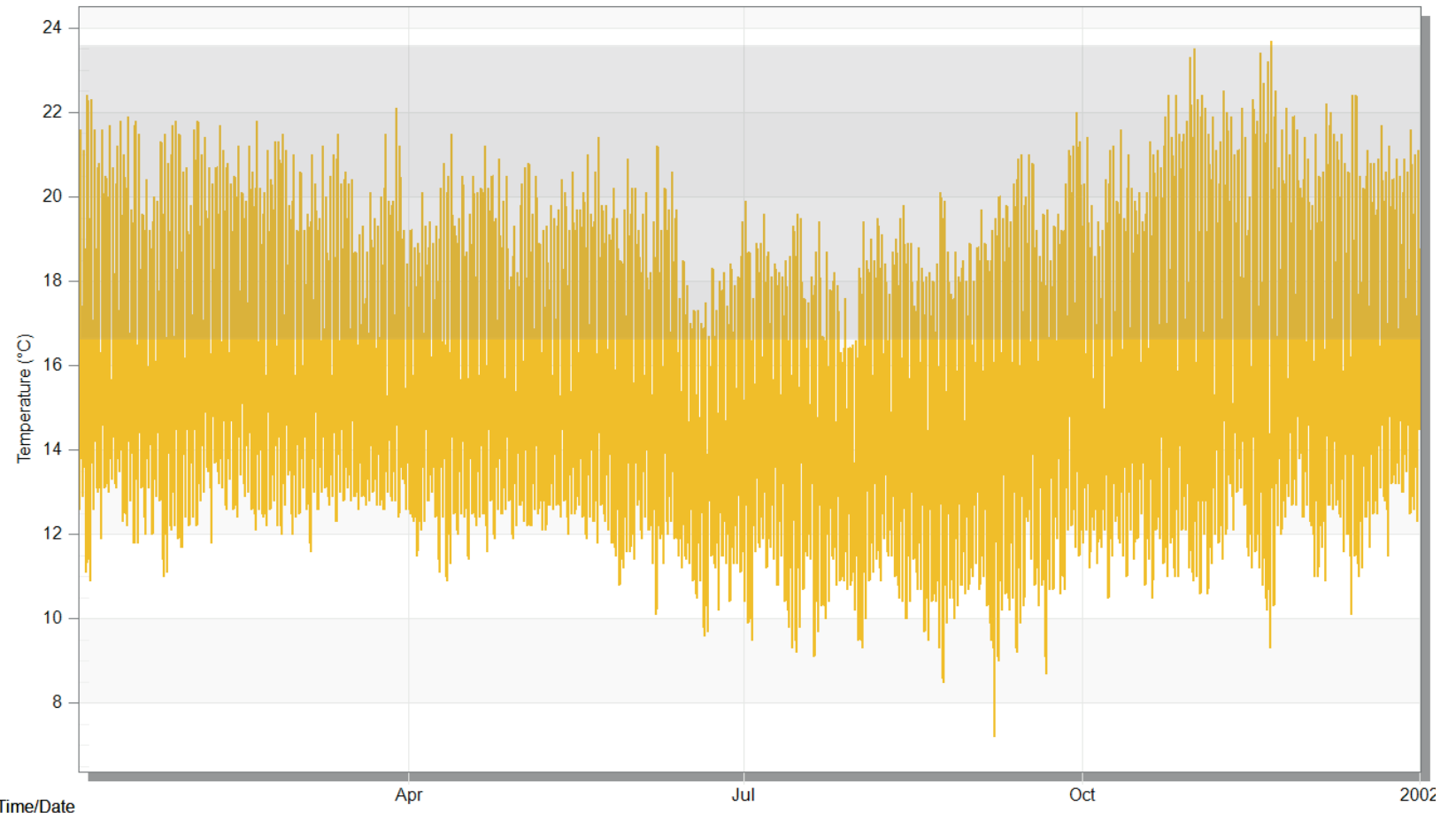
### RELATIVE HUMIDITY (%)

- <30
- 30-70
- >70



### Site Data - Archivo\_Base Hourly

Weather Data



Outside Dry-Bulb Temperature (°C)

13,40	13,00	18,90	19,80	15,20	12,90	11,70	10,80	18,80	21,60
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



## ANEXO 03: REGISTRO DE SIMULACION ESTADO ACTUAL

CONDICIONES			VENTANA (Anexo 01)	HORARIO DE APERTURA DE VENTANA	HORARIO DE INCOMODIDAD TERMICA	FDT	GhDT	ZONA DE INCOMODIDAD TERMICA		FLD			rev/h		
										min	max	avg	min	max	avg
Vivienda 1	Temporada caliente: 1 de febrero	Sala-Comedor	V 1.1 - R 1.1 - V 1.6 - V 1.7	24/7 OFF	15h00 a 21h00	29,17 %	7,20 °	TEMPORAL	LEVE	0,03 %	53,01 %	4,09 %			
				15h00 - 18h00	15h00 a 20h00	25,00 %	2,57 °	TEMPORAL	LEVE				29,33	33,00	31,17
		Dormitorio principal	R 1.2	24/7 OFF	01h00 a 02h00 - 17h00 a 00h00	37,50 %	7,70 °	TEMPORAL	LEVE	0,08 %	15,28 %	1,93 %			
				15h00 - 18h00	20h00 a 10h00	8,33 %	0,06 °	TEMPORAL	LEVE				6,44	8,26	7,35
	Temporada fría: 21 de junio	Sala-Comedor	V 1.1 - R 1.1 - V 1.6 - V 1.7	24/7 OFF	01h00 a 15h00 - 21h00 a 00h00	79,17 %	19,80 °	FRECUENTE	INTENSO						
				15h00 - 18h00	01h00 a 15h00 - 18h00 a 19h00 - 21h00 a 00h00	83,33 %	20,22 °	FRECUENTE	INTENSO				25,01	25,01	25,01
		Dormitorio principal	R 1.2	24/7 OFF	03h00 a 15h00	54,17 %	13,05 °	FRECUENTE	LEVE						
				15h00 - 18h00	01h00 a 18h00	75,00 %	21,76 °	FRECUENTE	INTENSO				2,50	6,18	4,34
Vivienda 2	Temporada caliente: 1 de febrero	Sala-Comedor	V 2.2	24/7 OFF	01h00 a 04h00 - 11h00 a 00h00	75,00 %	36,00 °	FRECUENTE	INTENSO	0,01 %	30,68 %	6,10 %			
				11h00 - 18h00	01h00 a 02h00 - 13h00 a 00h00	58,33 %	23,53 °	FRECUENTE	INTENSO				1,89	2,26	2,08
		Dormitorio principal	R 2.2	24/7 OFF				SIN INCOMODIDAD		0,15 %	22,24 %	4,29 %			
				16h00 - 18h00				SIN INCOMODIDAD					6,86	7,26	7,06
	Temporada fría: 21 de junio	Sala-Comedor	V 2.2	24/7 OFF				SIN INCOMODIDAD							
				16h00 - 18h00				SIN INCOMODIDAD					1,93	1,96	1,95
		Dormitorio principal	R 2.2	24/7 OFF				SIN INCOMODIDAD							
				16h00 - 18h00				SIN INCOMODIDAD					8,76	8,85	8,81
Vivienda 3	Temporada caliente: 1 de Febrero	Sala-Comedor	V3.1 - V3.2 - V3.3 - V3.4 - V3.5 - V3.6 - V3.7	24/7 Off	18h00 a 20h00	12,21 %	1,34 °	TEMPORAL	LEVE	0,40 %	22,68 %	6,98 %			
				15h00 - 18h00	19h00 a 20h00	4,17 %	0,08 °	TEMPORAL	LEVE				47,79	56,71	52,25
		Dormitorio principal	V3.18 - V3.19 - V3.20	24/7 Off	18h00 a 22h00	20,85 %	1,35 °	TEMPORAL	LEVE	0,31 %	17,61 %	4,97 %			
				15h00 - 18h00	19h00 a 21h00	12,51 %	0,55 °	TEMPORAL	LEVE				7,50	8,64	8,07
	Temporada fría: 21 de junio	Sala-Comedor	V3.1 - V3.2 - V3.3 - V3.4 - V3.5 - V3.6 - V3.7	24/7 Off	15h00 a 12h00	41,70 %	6,11 °	TEMPORAL	LEVE						
				16h00 - 17h00	15h00 a 12h00	41,70 %	6,43 °	TEMPORAL	LEVE				45,55	45,55	45,55



Vivienda 4	Temporada caliente: 1 de Febrero	Dormitorio principal	V3.18 - V3.19 - V3.20	24/7 Off	00h00 a 24h00	100,00 %	18,30 °	FRECUENTE INTENSO							
				16h00 - 17h00	00h00 a 24h00	100,00 %	18,39 °	FRECUENTE INTENSO							
	Temporada fría: 21 de Junio	Sala-Comedor	V4.1 - V4.2 - V4.4 - V4.5 - V3.6 - V3.7 - V4.8 - V4.9 - R4.1	24/7 Off	18h00 a 22h00	29,19 %	4,62 °	TEMPORAL LEVE	1,11 %	30,25 %	8,05 %				
				15h00 - 18h00	18h00 a 20h00	8,34 %	0,82 °	TEMPORAL LEVE							
		Dormitorio principal	V4.10 - V4.11	24/7 Off	14h00 a 21h00	33,36 %	25,95 °	TEMPORAL INTENSO	2,19 %	31,12 %	9,97 %				
				11h00 - 18h00	14h00 a 21h00	33,36 %	25,88 °	TEMPORAL INTENSO							
	Temporada fría: 21 de Junio	Sala-Comedor	V4.1 - V4.2 - V4.4 - V4.5 - V3.6 - V3.7 - V4.8 - V4.9 - R4.1	24/7 Off				SIN INCOMODIDAD							
				15h00 - 16h00				SIN INCOMODIDAD							
		Dormitorio principal	V4.10 - V4.11	24/7 Off	00h00 a 11h00 - 23h00 a 00h00	50,00 %	15,14 °	FRECUENTE LEVE							
				15h00 - 16h00	00h00 a 11h00 - 23h00 a 00h00	50,00 %	15,21 °	FRECUENTE LEVE							
Vivienda 5	Temporada caliente: 1 de Febrero	Sala-Comedor	V5.1 - V5.2 - V5.3 - V5.4	24/7 Off	19h00 a 20h00	4,17 %	0,05 °	TEMPORAL LEVE	0,72 %	13,28 %	5,52 %				
				16h00 - 18h00	19h00 a 20h00	4,17 %	0,01 °	TEMPORAL LEVE							
		Dormitorio principal	V5.10	24/7 Off	19h00 a 21h00	8,34 %	0,52 °	TEMPORAL LEVE	0,55 %	20,38 %	4,23 %				
				16h00 - 18h00	19h00 a 20h00	4,17 %	0,40 °	TEMPORAL LEVE							
	Temporada fría: 21 de Junio	Sala-Comedor	V5.1 - V5.2 - V5.3 - V5.4	24/7 Off	02h00 a 15h00	58,38 %	9,18 °	FRECUENTE LEVE							
				17h00 - 18h00	02h00 a 15h00	58,38 %	9,25 °	FRECUENTE LEVE							
		Dormitorio principal	V5.10	24/7 Off	02h00 a 18h00	70,89 %	15,09 °	FRECUENTE LEVE							
				17h00 - 18h00	02h00 a 18h00	70,89 %	15,13 °	FRECUENTE LEVE							
Vivienda 6	Temporada caliente: 1 de febrero	Sala-Comedor	V 6.1	24/7 OFF				SIN INCOMODIDAD	0,05 %	31,55 %	2,62 %				
				16h00 - 18h00				SIN INCOMODIDAD							
		Dormitorio principal	V 6.5	24/7 OFF				SIN INCOMODIDAD	0,38 %	21,82 %	4,36 %				
				16h00 - 18h00				SIN INCOMODIDAD							
	Temporada fría: 21 de junio	Sala-Comedor	V 6.1	24/7 Off	01h00 a 14h00 - 22h00 a 00h00	66,67 %	8,31 °	FRECUENTE LEVE							
				16h00 - 18h00	01h00 a 16h00	66,67 %	8,35 °	FRECUENTE LEVE							
		Dormitorio principal	V6.5	24/7 Off	01h00 a 14h00	70,83 %	6,43 °	FRECUENTE LEVE							
				16h00 - 18h00	01h00 a 14h00	70,83 %	6,65 °	FRECUENTE LEVE							



## ANEXO 04: REGISTRO DE SIMULACION TIPOLOGIAS

## VIVIENDA 5 SALA-COMEDOR

ORIENTACION	VENTANA	TEMPORADA CALIENTE								TEMPORADA FRÍA				FLD		
		HORARIO DE INCOMODIDAD TERMICA	FDT	GhDT	ZONA DE INCOMODIDAD TERMICA	HORARIO APERTURA DE VENTANA	rev/h			HORARIO DE INCOMODIDAD TERMICA	FDT	GhDT	ZONA DE INCOMODIDAD TERMICA	min	max	avg
							min	max	avg							
NORTE	Tipología 1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	8,35 °	FRECUENTE LEVE	0,64 %	20,77 %	5,47 %
	Tipología 2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	8,13 °	FRECUENTE LEVE	0,65 %	21,12 %	5,42 %
SUR	Tipología 1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 14h00	54,21 %	7,82 °	FRECUENTE LEVE	0,64 %	20,89 %	5,48 %
	Tipología 2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 14h00	54,21 %	7,53 °	FRECUENTE LEVE	0,61 %	20,64 %	5,43 %
ESTE	Tipología 1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	9,22 °	FRECUENTE LEVE	0,65 %	20,98 %	5,47 %
	Tipología 2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	9,15 °	FRECUENTE LEVE	0,64 %	20,90 %	5,45 %
OESTE	Tipología 1	18h00 a 20h00	12,51 %	0,86 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	4,26	4,26	4,26	03h00 a 14h00	50,04 %	5,86 °	FRECUENTE LEVE	0,65 %	20,66 %	5,46 %
	Tipología 2	18h00 a 20h00	12,51 %	1,14 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	2,85	2,85	2,85	03h00 a 14h00	50,04 %	5,79 °	FRECUENTE LEVE	0,63 %	20,87 %	5,44 %

## VIVIENDA 5 DORMITORIO PRINCIPAL

NORTE	Tipología 1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 16h00	66,72 %	11,88 °	FRECUENTE INTENSO	0,65 %	22,57 %	4,28 %
	Tipología 2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 16h00	66,72 %	11,66 °	FRECUENTE INTENSO	0,59 %	21,70 %	4,28 %
SUR	Tipología 1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 20h00	83,40 %	16,55 °	FRECUENTE INTENSO	0,64 %	21,97 %	4,33 %
	Tipología 2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 20h00	83,40 %	16,62 °	FRECUENTE INTENSO	0,66 %	21,27 %	4,34 %
ESTE	Tipología 1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 24h00	100,00 %	21,67 °	FRECUENTE INTENSO	0,65 %	21,66 %	4,33 %
	Tipología 2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 24h00	100,00 %	21,61 °	FRECUENTE INTENSO	0,63 %	21,25 %	4,34 %
OESTE	Tipología 1	19h00 a 20h00	4,17 %	0,53 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,41	1,41	1,41	04h00 a 15h00	50,04 %	8,22 °	FRECUENTE LEVE	0,60 %	22,20 %	4,34 %
	Tipología 2	19h00 a 20h00	4,17 %	0,44 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,33	1,33	1,33	04h00 a 15h00	50,04 %	8,22 °	FRECUENTE LEVE	0,64 %	21,64 %	4,34 %

## VIVIENDA 6 SALA-COMEDOR

NORTE	Tipología 1				SIN INCOMODIDAD					03h00 a 11h00	37,50 %	3,72 °	TEMPORAL LEVE	0,09 %	32,15 %	3,62 %
	Tipología 2				SIN INCOMODIDAD					03h00 a 11h00	37,50 %	3,75 °	TEMPORAL LEVE	0,09 %	31,99 %	3,61 %
SUR	Tipología 1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 16h00	62,50 %	9,55 °	FRECUENTE LEVE	0,09 %	32,12 %	3,62 %
	Tipología 2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,33 %	9,48 °	FRECUENTE LEVE	0,09 %	32,20 %	3,60 %
ESTE	Tipología 1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 15h00	62,50 %	7,57 °	FRECUENTE LEVE	0,09 %	31,97 %	3,62 %
	Tipología 2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 15h00	62,50 %	7,63 °	FRECUENTE LEVE	0,09 %	31,90 %	3,61 %
OESTE	Tipología 1	18h00 a 20h00	16,67 %	2,86 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	4,28	4,28	4,28	04h00 a 13h00	41,67 %	4,21 °	TEMPORAL LEVE	0,09 %	32,52 %	3,63 %
	Tipología 2	18h00 a 20h00	12,50 %	2,78 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	4,17	4,17	4,17	04h00 a 13h00	41,67 %	4,24 °	TEMPORAL LEVE	0,09 %	32,81 %	3,62 %

## VIVIENDA 6 DORMITORIO PRINCIPAL

NORTE	Tipología 1				SIN INCOMODIDAD					04h00 a 11h00	33,33 %	3,01 °	TEMPORAL LEVE	0,29 %	23,43 %	3,40 %
	Tipología 2				SIN INCOMODIDAD					04h00 a 11h00	33,33 %	3,05 °	TEMPORAL LEVE	0,30 %	23,18 %	3,38 %
SUR	Tipología 1	19h00 a 22h00	16,67 %	0,12 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,98	1,98	1,98	01h00 a 16h00 - 23h00 a 00h00	75,00 %	11,53 °	FRECUENTE INTENSO	0,36 %	22,94 %	3,40 %
	Tipología 2	19h00 a 22h00	16,67 %	0,16 °	TEMPORAL LEVE					01h00 a 16h00 - 23h00 a 00h00	75,00 %	11,60 °	FRECUENTE INTENSO	0,31 %	22,94 %	3,37 %
ESTE	Tipología 1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 15h00 - 20h00 a 00h00	83,33 %	10,83 °	FRECUENTE LEVE	0,34 %	23,19 %	3,40 %
	Tipología 2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 15h00 - 20h00 a 00h00	83,33 %	10,94 °	FRECUENTE LEVE	0,33 %	23,33 %	3,38 %
OESTE	Tipología 1	17h00 a 23h00	29,17 %	4,94 °	TEMPORAL LEVE	15h00 - 18h00	1,13	6,10	3,78	05h00 a 12h00	33,33 %	2,64 °	TEMPORAL LEVE	0,33 %	23,20 %	3,40 %
	Tipología 2	17h00 a 23h00	29,17 %	5,15 °	TEMPORAL LEVE	15h00 - 18h00	0,74	4,61	2,85	05h00 a 12h00	33,33 %	2,67 °	TEMPORAL LEVE	0,38 %	23,23 %	3,39 %



## ANEXO 05: ANALISIS DE MATERIALIDAD

VIVIENDA	TEMPORADA	ESPACIO	VENTANA	HIERRO		ALUMINIO		MADERA		PVC	
				FDT	GhDT	FDT	GhDT	FDT	GhDT	FDT	GhDT
Vivienda 5	Temporada caliente: 1 de febrero	Sala-Comedor	V5.1 - V5.2 V5.3 - V5.4	4,17 %	0,07 °	4,17 %	0,07 °	4,17 %	0,06 °	4,17 %	0,06 °
		Dormitorio principal	V5.10	8,34 %	0,54 °	8,34 %	0,53 °	8,34 %	0,53 °	8,34 %	0,52 °
	Temporada fría: 21 de junio	Sala-Comedor	V5.1 - V5.2 V5.3 - V5.4	58,38 %	9,18 °	58,38 %	9,15 °	58,38 %	9,12 °	58,38 %	9,03 °
		Dormitorio principal	V5.10	70,89 %	15,09 °	70,89 %	15,03 °	70,89 %	15,02 °	70,89 %	15,00 °
Vivienda 6	Temporada caliente: 1 de febrero	Sala-Comedor	V 6.1								
		Dormitorio principal	V 6.5								
	Temporada fría: 21 de junio	Sala-Comedor	V 6.1	66,67 %	8,31 °	66,67 %	8,26 °	66,67 %	8,23 °	66,67 %	8,22 °
		Dormitorio principal	V6.5	70,83 %	6,43 °	70,83 %	6,40 °	70,83 %	6,33 °	70,83 %	6,32 °



## ANEXO 06: REGISTRO DE SIMULACION MODELOS DE VENTANA

ORIENTACION	VENTANA	TEMPORADA CALIENTE								TEMPORADA FRÍA				FLD			
		HORARIO DE INCOMODIDAD TERMICA	FDT	GhDT	ZONA DE INCOMODIDAD TERMICA	HORARIO APERTURA DE VENTANA	rev/h			HORARIO DE INCOMODIDAD TERMICA	FDT	GhDT	ZONA DE INCOMODIDAD TERMICA				
							min	max	avg								
VIVIENDA 5 SALA-COMEDOR																	
NORTE	M1-P1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	8,13 °	FRECUENTE	LEVE	1,13 %	17,18 %	5,75 %
	M1-P2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	8,15 °	FRECUENTE	LEVE	0,96 %	18,16 %	5,57 %
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 16h00	62,55 %	9,58 °	FRECUENTE	LEVE	0,54 %	12,79 %	3,23 %
	M1-P4	RESULTADOS SIMILARES A LA SIMULACION M3-P4															
	M2-P1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	8,11 °	FRECUENTE	LEVE	0,50 %	20,10 %	4,47 %
	M2-P2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	8,23 °	FRECUENTE	LEVE	0,63 %	17,89 %	3,82 %
	M2-P3				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	8,83 °	FRECUENTE	LEVE	0,61 %	18,77 %	4,77 %
	M2-P4				SIN INCOMODIDAD					03h00 a 12h00	41,70 %	6,13 °	TEMPORAL	LEVE	1,11 %	21,37 %	6,85 %
	M3-P1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 14h00	54,21 %	7,70 °	FRECUENTE	LEVE	0,68 %	21,48 %	5,23 %
	M3-P2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	7,86 °	FRECUENTE	LEVE	0,74 %	20,58 %	4,64 %
	M3-P3				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	9,96 °	FRECUENTE	LEVE	0,56 %	13,39 %	4,37 %
	M3-P4				SIN INCOMODIDAD					03h00 a 12h00	41,70 %	5,84 °	TEMPORAL	LEVE	1,47 %	22,88 %	7,73 %
SUR	M1-P1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 14h00	54,21 %	7,54 °	FRECUENTE	LEVE	1,14 %	18,23 %	5,71 %
	M1-P2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 14h00	54,21 %	7,59 °	FRECUENTE	LEVE	0,96 %	18,55 %	5,54 %
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	7,77 °	FRECUENTE	LEVE	0,55 %	13,33 %	3,23 %
	M1-P4	RESULTADOS SIMILARES A LA SIMULACION M3-P4															
	M2-P1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 14h00	54,21 %	7,36 °	FRECUENTE	LEVE	0,51 %	19,70 %	4,50 %
	M2-P2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 14h00	54,21 %	7,70 °	FRECUENTE	LEVE	0,63 %	17,71 %	3,82 %
	M2-P3				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 14h00	54,21 %	7,23 °	FRECUENTE	LEVE	0,60 %	18,95 %	4,74 %
	M2-P4				SIN INCOMODIDAD					03h00 a 12h00	41,70 %	6,21 °	TEMPORAL	LEVE	1,09 %	21,69 %	6,83 %
	M3-P1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 14h00	54,21 %	7,49 °	FRECUENTE	LEVE	0,68 %	21,10 %	5,21 %
	M3-P2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 14h00	54,21 %	7,70 °	FRECUENTE	LEVE	0,73 %	20,34 %	4,64 %
	M3-P3				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 14h00	54,21 %	7,41 °	FRECUENTE	LEVE	0,54 %	12,01 %	4,38 %
	M3-P4				SIN INCOMODIDAD					03h00 a 12h00	41,70 %	6,24 °	TEMPORAL	LEVE	1,53 %	22,73 %	7,75 %
ESTE	M1-P1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	9,03 °	FRECUENTE	LEVE	1,14 %	18,25 %	5,76 %
	M1-P2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	9,09 °	FRECUENTE	LEVE	0,94 %	18,27 %	5,53 %
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	9,98 °	FRECUENTE	LEVE	0,54 %	12,56 %	3,23 %
	M1-P4	RESULTADOS SIMILARES A LA SIMULACION M3-P4															
	M2-P1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	10,13 °	FRECUENTE	LEVE	0,50 %	19,44 %	4,50 %
	M2-P2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	9,41 °	FRECUENTE	LEVE	0,63 %	18,83 %	3,81 %
	M2-P3				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	9,20 °	FRECUENTE	LEVE	0,59 %	18,82 %	4,75 %
	M2-P4				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 13h00	50,04 %	7,47 °	FRECUENTE	LEVE	1,09 %	22,00 %	6,84 %
	M3-P1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	8,95 °	FRECUENTE	LEVE	0,72 %	21,17 %	5,20 %
	M3-P2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	9,11 °	FRECUENTE	LEVE	0,73 %	20,75 %	4,63 %
	M3-P3				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,38 %	9,33 °	FRECUENTE	LEVE	0,55 %	12,73 %	4,37 %
	M3-P4				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 13h00	50,04 %	7,22 °	FRECUENTE	LEVE	1,54 %	22,95 %	7,75 %
	M1-P1				TEMPORAL LEVE	17:00-18:00	4,12	4,12	4,12	03h00 a 14h00	50,04 %	5,66 °	FRECUENTE	LEVE	1,17 %	18,57 %	5,72 %
	M1-P2				TEMPORAL LEVE	17:00-18:00	4,12	4,12	4,12	03h00 a 14h00	50,04 %	5,69 °	FRECUENTE	LEVE	0,94 %	18,33 %	5,58 %
	M1-P3				TEMPORAL LEVE	17:00-18:00	2,16	2,16	2,16	03h00 a 15h00	54,21 %	6,96 °	FRECUENTE	LEVE	0,57 %	12,23 %	3,23 %



OESTE	M1-P4	RESULTADOS SIMILARES A LA SIMULACION M3-P4														
	M2-P1	18h00 a 20h00	12,51 %	0,90 °	TEMPORAL LEVE	17:00-18:00	4,61	4,61	4,61	03h00 a 14h00	50,04 %	5,86 °	FRECUENTE LEVE	0,51 %	19,89 %	4,48 %
	M2-P2	19h00 a 20h00	4,17 %	0,45 °	TEMPORAL LEVE	17:00-18:00	2,31	2,31	2,31	03h00 a 14h00	50,04 %	6,12 °	FRECUENTE LEVE	0,62 %	18,54 %	3,82 %
	M2-P3	19h00 a 20h00	4,17 %	0,63 °	TEMPORAL LEVE	17:00-18:00	4,87	4,87	4,87	03h00 a 14h00	50,04 %	6,09 °	FRECUENTE LEVE	0,62 %	19,20 %	4,77 %
	M2-P4	17h00 a 22h00	25,02 %	6,90 °	TEMPORAL LEVE	16:00 - 18:00	11,63	19,48	15,56	04h00 a 12h00	37,53 %	3,71 °	TEMPORAL LEVE	1,08 %	21,54 %	6,87 %
	M3-P1	18h00 a 20h00	12,51 %	1,73 °	TEMPORAL LEVE	17:00 - 18:00	3,77	3,77	3,77	04h00 a 14h00	45,87 %	5,51 °	TEMPORAL LEVE	0,70 %	21,57 %	5,21 %
	M3-P2	18h00 a 20h00	12,51 %	0,85 °	TEMPORAL LEVE	17:00 - 18:00	3,77	3,77	3,77	03h00 a 14h00	50,04 %	5,70 °	FRECUENTE LEVE	0,74 %	20,77 %	4,63 %
	M3-P3	19h00 a 20h00	8,34 %	0,88 °	TEMPORAL LEVE	17:00 - 18:00	4,03	4,03	4,03	03h00 a 14h00	50,04 %	6,04 °	FRECUENTE LEVE	0,54 %	12,89 %	4,36 %
	M3-P4	17h00 a 22h00	25,02 %	7,80 °	TEMPORAL LEVE	16:00 - 18:00	14,13	19,01	16,57	04h00 a 12h00	37,53 %	3,38 °	TEMPORAL LEVE	1,64 %	22,22 %	7,74 %

VIVIENDA 5 DORMITORIO PRINCIPAL																
NORTE	M1-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 16h00	66,72 %	11,78 °	FRECUENTE LEVE	0,93 %	17,26 %	4,40 %
	M1-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 16h00	66,72 %	11,63 °	FRECUENTE LEVE	0,46 %	17,21 %	4,23 %
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 19h00	79,23 %	15,80 °	FRECUENTE INTENSO	0,30 %	0,91 %	0,61 %
	M1-P4				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 11h00	41,70 %	6,12 °	TEMPORAL LEVE	3,34 %	24,42 %	8,50 %
	M2-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 16h00	66,72 %	12,01 °	FRECUENTE LEVE	0,41 %	19,77 %	3,12 %
	M2-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 16h00	66,72 %	12,72 °	FRECUENTE LEVE	0,30 %	20,92 %	2,73 %
	M2-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 17h00	70,89 %	13,50 °	FRECUENTE INTENSO	0,41 %	12,83 %	2,87 %
	M2-P4				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 13h00	50,04 %	7,88 °	FRECUENTE LEVE	1,03 %	22,55 %	5,50 %
	M3-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 16h00	66,72 %	11,73 °	FRECUENTE LEVE	0,53 %	19,00 %	4,08 %
	M3-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 16h00	66,72 %	11,26 °	FRECUENTE LEVE	0,32 %	19,97 %	3,75 %
	M3-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 17h00	70,89 %	14,37 °	FRECUENTE INTENSO	0,37 %	3,92 %	1,91 %
	M3-P4				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 12h00	45,87 %	6,71 °	TEMPORAL LEVE	2,82 %	24,28 %	7,54 %
SUR	M1-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 20:00 - 23h00 a 00h00	87,57 %	16,57 °	FRECUENTE INTENSO	1,05 %	17,24 %	4,45 %
	M1-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 20h00 - 23h00 a 00h00	87,57 %	16,54 °	FRECUENTE INTENSO	0,47 %	18,17 %	4,30 %
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 00:00	100,00 %	21,63 °	FRECUENTE INTENSO	0,36 %	0,87 %	0,65 %
	M1-P4	18h00 a 21h00	16,68 %	1,35 °	TEMPORAL LEVE	16:00 - 18:00	4,22	9,77	7,00	01h00 a 14h00	58,38 %	10,37 °	FRECUENTE LEVE	3,36 %	25,00 %	8,71 %
	M2-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 20h00 - 23h00 a 00h00	87,57 %	16,67 °	FRECUENTE INTENSO	0,43 %	19,97 %	3,18 %
	M2-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 20:00 - 23h00 a 00h00	87,57 %	16,58 °	FRECUENTE INTENSO	0,32 %	21,28 %	2,79 %
	M2-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 20h00 - 23h00 a 00h00	91,74 %	17,20 °	FRECUENTE INTENSO	0,44 %	13,22 %	2,93 %
	M2-P4				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 16h00	66,72 %	12,28 °	FRECUENTE LEVE	1,18 %	22,41 %	5,64 %
	M3-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 20h00 - 23h00 a 00h00	87,57 %	16,55 °	FRECUENTE INTENSO	0,53 %	19,13 %	4,14 %
	M3-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 20h00 - 23h00 a 00h00	87,57 %	16,56 °	FRECUENTE INTENSO	0,37 %	20,63 %	3,80 %
	M3-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 20h00 - 23h00 a 00h00	91,74 %	17,57 °	FRECUENTE INTENSO	0,44 %	4,19 %	2,01 %
	M3-P4	19h00 a 21h00	8,34 %	0,56 °	TEMPORAL LEVE	17:00 - 18:00	10,97	10,97	10,97	01h00 a 14h00	58,38 %	11,04 °	FRECUENTE LEVE	2,97 %	24,21 %	7,71 %
ESTE	M1-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 00h00	100,00 %	21,57 °	FRECUENTE INTENSO	1,05 %	17,53 %	4,46 %
	M1-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 00h00	100,00 %	21,57 °	FRECUENTE INTENSO	0,49 %	18,05 %	4,30 %
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 00h00	100,00 %	25,12 °	FRECUENTE INTENSO	0,36 %	0,88 %	0,66 %
	M1-P4				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 13h00	54,21 %	10,88 °	FRECUENTE LEVE	3,41 %	24,74 %	8,68 %
	M2-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 00h00	100,00 %	21,80 °	FRECUENTE INTENSO	0,43 %	19,91 %	3,17 %
	M2-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 00h00	100,00 %	21,74 °	FRECUENTE INTENSO	0,33 %	21,12 %	2,80 %
	M2-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 00h00	100,00 %	22,91 °	FRECUENTE INTENSO	0,45 %	13,17 %	2,94 %
	M2-P4				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 15h00	62,55 %	13,47 °	FRECUENTE LEVE	1,21 %	22,63 %	5,63 %
	M3-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 00h00	100,00 %	21,72 °	FRECUENTE INTENSO	0,55 %	19,37 %	4,16 %
	M3-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 00h00	100,00 %	21,66 °	FRECUENTE INTENSO	0,36 %	20,22 %	3,81 %

	M3-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 00h00	100,00 %	23,54 °	FRECUENTE	INTENSO	0,46 %	4,00 %	2,02 %
	M3-P4				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 14h00	58,38 %	11,81 °	FRECUENTE	LEVE	2,77 %	24,31 %	7,70 %
OESTE	M1-P1	19h00 a 20h00	4,17 %	0,53 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,18	1,18	1,18	04h00 a 15h00	50,04 %	8,18 °	FRECUENTE	LEVE	1,00 %	17,61 %	4,45 %
	M1-P2	19h00 a 20h00	4,17 %	0,53 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,19	1,19	1,19	04h00 a 15h00	50,04 %	8,12 °	FRECUENTE	LEVE	0,50 %	17,77 %	4,29 %
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD	17h00 - 18h00	0,49	0,49	0,49	04h00 a 16h00	54,21 %	10,69 °	FRECUENTE	LEVE	0,36 %	0,90 %	0,67 %
	M1-P4	16h00 a 23h00	33,36 %	10,32 °	TEMPORAL LEVE	14h00 - 18h00	6,31	20,91	13,61	05h00 a 11h00	29,19 %	3,39 °	TEMPORAL	LEVE	3,45 %	28,85 %	8,71 %
	M2-P1	19h00 a 20h00	4,17 %	0,49 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,7	1,7	1,7	04h00 a 15h00	50,04 %	8,26 °	FRECUENTE	LEVE	0,44 %	20,00 %	3,17 %
	M2-P2	19h00 a 20h00	4,17 %	0,49 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,71	1,71	1,71	04h00 a 15h00	50,04 %	8,15 °	FRECUENTE	LEVE	0,33 %	21,40 %	2,80 %
	M2-P3	19h00 a 20h00	4,17 %	0,26 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,65	1,65	1,65	04h00 a 15h00	50,04 %	8,92 °	FRECUENTE	LEVE	0,44 %	12,98 %	2,94 %
	M2-P4	17h00 a 22h00	25,02 %	7,08 °	TEMPORAL LEVE	16h00 - 18h00	9,2	12,31	10,76	05h00 a 13h00	37,53 %	4,97 °	TEMPORAL	LEVE	1,21 %	22,65 %	5,63 %
	M3-P1	19h00 a 20h00	4,17 %	0,54 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,43	1,43	1,43	04h00 a 15h00	50,04 %	8,20 °	FRECUENTE	LEVE	0,56 %	19,29 %	4,16 %
	M3-P2	20h00 a 21h00	4,17 %	0,55 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,44	1,44	1,44	04h00 a 15h00	50,04 %	8,12 °	FRECUENTE	LEVE	0,36 %	20,38 %	3,80 %
	M3-P3	19h00 a 20h00	4,17 %	0,17 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	0,77	0,77	0,77	04h00 a 16h00	54,21 %	9,30 °	FRECUENTE	LEVE	0,44 %	4,11 %	1,99 %
	M3-P4	17h00 a 23h00	29,19 %	10,82 °	TEMPORAL LEVE	15h00 - 18h00	7,12	19,37	13,25	05h00 a 12h00	33,36 %	3,95 °	TEMPORAL	LEVE	2,81 %	24,14 %	7,69 %

VIVIENDA 6 SALA-COMEDOR																	
NORTE	M1-P1				SIN INCOMODIDAD					04h00 a 10h00	29,17 %	3,14 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	32,41 %	4,66 %
	M1-P2				SIN INCOMODIDAD					04h00 a 10h00	29,17 %	3,14 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	31,81 %	4,54 %
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD					03h00 a 10h00	33,33 %	3,26 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	19,77 %	4,75 %
	M1-P4				SIN INCOMODIDAD					04h00 a 09h00	25,00 %	2,68 °	TEMPORAL	LEVE	0,13 %	33,84 %	6,00 %
	M2-P1				SIN INCOMODIDAD					03h00 a 10h00	33,33 %	3,31 °	TEMPORAL	LEVE	0,10 %	31,29 %	4,21 %
	M2-P2				SIN INCOMODIDAD					03h00 a 10h00	33,33 %	3,29 °	TEMPORAL	LEVE	0,10 %	32,01 %	4,05 %
	M2-P3				SIN INCOMODIDAD					03h00 a 10h00	33,33 %	3,32 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	31,76 %	4,78 %
	M2-P4				SIN INCOMODIDAD					04h00 a 09h00	25,00 %	3,12 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	31,58 %	4,30 %
	M3-P1				SIN INCOMODIDAD					04h00 a 10h00	29,17 %	3,18 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	31,83 %	3,92 %
	M3-P2				SIN INCOMODIDAD					04h00 a 10h00	29,17 %	3,16 °	TEMPORAL	LEVE	0,09 %	32,45 %	3,56 %
	M3-P3	RESULTADOS IGUALES A LOS DE M3-P1															
	M3-P4				SIN INCOMODIDAD					04h00 a 10h00	29,17 %	3,05 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	32,81 %	3,92 %
SUR	M1-P1	18h00 a 19h00	4,17 %	0,12 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,58	1,58	1,58	02h00 a 14h00	54,17 %	8,65 °	FRECUENTE	LEVE	0,11 %	31,76 %	4,65 %
	M1-P2	18h00 a 19h00	4,17 %	0,10 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,53	1,53	1,53	02h00 a 14h00	54,17 %	8,62 °	FRECUENTE	LEVE	0,11 %	31,93 %	4,54 %
	M1-P3	18h00 a 19h00	4,17 %	0,10 °	TEMPORAL LEVE					02h00 a 14h00	54,17 %	8,53 °	FRECUENTE	LEVE	0,11 %	19,54 %	4,74 %
	M1-P4	15h00 a 21h00	29,17 %	3,52 °	TEMPORAL LEVE	14h00 - 18h00	3,11	6,36	4,80	02h00 a 13h00	50,00 %	7,67 °	FRECUENTE	LEVE	0,13 %	33,33 %	5,98 %
	M2-P1				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,33 %	8,76 °	FRECUENTE	LEVE	0,10 %	31,56 %	4,21 %
	M2-P2				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 15h00	58,33 %	8,71 °	FRECUENTE	LEVE	0,10 %	31,65 %	4,05 %
	M2-P3				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 16h00	62,50 %	8,48 °	FRECUENTE	LEVE	0,11 %	31,81 %	4,79 %
	M2-P4	18h00 a 19h00	8,33 %	0,33 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,96	1,96	1,96	02h00 a 14h00	54,17 %	8,53 °	FRECUENTE	LEVE	0,11 %	31,74 %	4,31 %
	M3-P1	18h00 a 19h00	4,17 %	0,04 °	TEMPORAL LEVE					02h00 a 15h00	58,33 %	8,76 °	FRECUENTE	LEVE	0,11 %	31,62 %	3,92 %
	M3-P2	18h00 a 19h00	4,17 %	0,05 °	TEMPORAL LEVE					02h00 a 14h00	54,17 %	8,66 °	FRECUENTE	LEVE	0,09 %	32,55 %	3,56 %
	M3-P3	RESULTADOS IGUALES A LOS DE M3-P1															
	M3-P4	18h00 a 19h00	4,17 %	0,05 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	1,24	1,24	1,24	02h00 a 15h00	58,33 %	8,64 °	FRECUENTE	LEVE	0,11 %	31,53 %	3,92 %



ESTE	M1-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 10h00	41,67 %	6,02 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	31,80 %	4,65 %	
	M1-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 10h00 - 11h00 a 12h00	45,83 %	6,02 °	TEMPORAL	LEVE	0,10 %	32,12 %	4,48 %	
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 10h00 - 11h00 a 12h00	45,83 %	6,15 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	20,59 %	4,75 %	
	M1-P4				SIN INCOMODIDAD					02h00 a 09h00	33,33 %	5,61 °	TEMPORAL	LEVE	0,13 %	35,47 %	5,98 %	
	M2-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 13h00	54,17 %	6,27 °	FRECUENTE	LEVE	0,10 %	32,24 %	4,21 %	
	M2-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 13h00	54,17 %	6,21 °	FRECUENTE	LEVE	0,10 %	31,80 %	4,05 %	
	M2-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 13h00	54,17 %	6,26 °	FRECUENTE	LEVE	0,11 %	33,02 %	4,78 %	
	M2-P4				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 09h00	37,50 %	5,91 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	31,48 %	4,31 %	
	M3-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 10h00 - 12h00 a 13h00	50,00 %	6,09 °	FRECUENTE	LEVE	0,11 %	31,90 %	3,92 %	
	M3-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 10h00 - 12h00 a 13h00	50,00 %	6,04 °	FRECUENTE	LEVE	0,09 %	32,38 %	3,55 %	
	M3-P3	RESULTADOS IGUALES A LOS DE M3-P1																
	M3-P4				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 10h00	41,67 %	5,91 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	31,72 %	3,91 %	
OESTE	M1-P1	16h00 a 22h00	29,17 %	7,30 °	TEMPORAL	LEVE	15h00 - 18h00	1,78	8,43	5,59	04h00 a 12h00	37,50 %	3,47 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	31,83 %	4,54 %
	M1-P2	16h00 a 22h00	29,17 %	7,32 °	TEMPORAL	LEVE	15h00 - 18h00	1,74	8,21	5,44	04h00 a 12h00	37,50 %	3,44 °	TEMPORAL	LEVE	0,12 %	32,06 %	4,58 %
	M1-P3	17h00 a 22h00	25,00 %	6,82 °	TEMPORAL	LEVE	15h00 - 18h00	1,41	7,61	4,75	04h00 a 12h00	37,50 %	3,48 °	TEMPORAL	LEVE	0,12 %	19,32 %	4,78 %
	M1-P4	15h00 a 23h00	37,50 %	16,05 °	TEMPORAL	INTENSO	14h00 - 18h00	3,76	16,77	11,14	05h00 a 11h00	29,17 %	2,46 °	TEMPORAL	LEVE	0,15 %	33,31 %	6,03 %
	M2-P1	17h00 a 21h00	20,83 %	6,42 °	TEMPORAL	LEVE	15h00 - 18h00	1,81	8,99	5,54	04h00 a 13h00	41,67 %	3,65 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	31,47 %	4,25 %
	M2-P2	17h00 a 21h00	20,83 %	6,31 °	TEMPORAL	LEVE	15h00 - 18h00	1,76	8,85	5,42	04h00 a 13h00	41,67 %	3,59 °	TEMPORAL	LEVE	0,11 %	31,67 %	4,08 %
	M2-P3	17h00 a 21h00	20,83 %	6,46 °	TEMPORAL	LEVE	15h00 - 18h00	1,76	8,47	5,20	04h00 a 13h00	41,67 %	3,61 °	TEMPORAL	LEVE	0,12 %	31,75 %	4,81 %
	M2-P4	16h00 a 22h00	29,17 %	8,81 °	TEMPORAL	LEVE	15h00 - 18h00	3,84	11,14	7,57	04h00 a 12h00	37,50 %	3,36 °	TEMPORAL	LEVE	0,13 %	31,74 %	4,35 %
	M3-P1	17h00 a 21h00	20,83 %	6,37 °	TEMPORAL	LEVE	15h00 - 18h00	2,02	9,99	6,18	05h00 a 13h00	37,50 %	3,59 °	TEMPORAL	LEVE	0,12 %	32,33 %	3,95 %
	M3-P2	17h00 a 22h00	25,00 %	6,43 °	TEMPORAL	LEVE	15h00 - 18h00	1,96	9,32	5,88	04h00 a 13h00	41,67 %	3,48 °	TEMPORAL	LEVE	0,10 %	32,46 %	3,58 %
	M3-P3	RESULTADOS IGUALES A LOS DE M3-P1																
	M3-P4	17h00 a 21h00	20,83 %	6,26 °	TEMPORAL	LEVE	15h00 - 18h00	1,27	9,85	6,16	05h00 a 13h00	37,50 %	3,42 °	TEMPORAL	LEVE	0,12 %	31,98 %	3,95 %

VIVIENDA 6 DORMITORIO PRINCIPAL																		
NORTE	M1-P1				SIN INCOMODIDAD						04h00 a 11h00	33,33 %	2,66 °	TEMPORAL	LEVE	0,37 %	23,36 %	4,20 %
	M1-P2				SIN INCOMODIDAD						04h00 a 10h00	29,17 %	2,61 °	TEMPORAL	LEVE	0,30 %	23,99 %	3,82 %
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD						03h00 a 13h00	45,83 %	5,80 °	TEMPORAL	LEVE	0,24 %	1,77 %	1,02 %
	M1-P4				SIN INCOMODIDAD	14h00 - 18h00	5,12	11,45	8,34		05h00 a 09h00	20,83 %	1,36 °	TEMPORAL	LEVE	1,00 %	24,76 %	7,12 %
	M2-P1				SIN INCOMODIDAD						04h00 a 11h00	33,33 %	3,02 °	TEMPORAL	LEVE	0,30 %	20,98 %	2,55 %
	M2-P2				SIN INCOMODIDAD						04h00 a 11h00	33,33 %	2,83 °	TEMPORAL	LEVE	0,17 %	22,57 %	2,11 %
	M2-P3				SIN INCOMODIDAD						04h00 a 12h00	37,50 %	3,53 °	TEMPORAL	LEVE	0,28 %	20,88 %	2,62 %
	M2-P4				SIN INCOMODIDAD						05h00 a 09h00	20,83 %	1,91 °	TEMPORAL	LEVE	0,74 %	23,80 %	5,01 %
	M3-P1				SIN INCOMODIDAD						04h00 a 11h00	33,33 %	2,85 °	TEMPORAL	LEVE	0,35 %	22,06 %	3,07 %
	M3-P2				SIN INCOMODIDAD						04h00 a 11h00	33,33 %	2,74 °	TEMPORAL	LEVE	0,19 %	23,78 %	2,63 %
	M3-P3				SIN INCOMODIDAD						04h00 a 12h00	41,67 %	4,25 °	TEMPORAL	LEVE	0,32 %	14,31 %	3,10 %
	M3-P4				SIN INCOMODIDAD	16h00 - 17h00	2,39	2,39	2,39		05h00 a 09h00	20,83 %	1,68 °	TEMPORAL	LEVE	0,87 %	24,52 %	6,26 %
	M1-P1	19h00 a 22h00	16,67 %	0,53 °	TEMPORAL	LEVE	17h00 - 18h00	2,10	2,10	2,10	01h00 a 16h00 - 23h00 a 00h00	75,00 %	10,84 °	FRECUENTE	LEVE	0,37 %	23,60 %	4,20 %
	M1-P2	19h00 a 22h00	16,67 %	0,68 °	TEMPORAL	LEVE	17h00 - 18h00	1,28	1,28	1,28	01h00 a 16h00 - 23h00 a 00h00	75,00 %	10,74 °	FRECUENTE	LEVE	0,31 %	24,04 %	3,81 %
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD						01h00 a 20h00 - 22h00 a 00h00	95,83 %	13,08 °	FRECUENTE	INTENSO	0,24 %	1,77 %	1,01 %
	M1-P4				SIN INCOMODIDAD	12h00 - 18h00	6,64	14,72	10,93		01h00 a 11h00	45,83 %	7,67 °	TEMPORAL	LEVE	1,02 %	24,96 %	7,11 %
	M2-P1	19h00 a 22h00	16,67 %	0,20 °	TEMPORAL	LEVE					01h00 a 16h00 - 23h00 a 00h00	75,00 %	11,09 °	FRECUENTE	LEVE	0,29 %	21,11 %	2,55 %



SUR	M2-P2	19h00 a 22h00	16,67 %	0,35 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	2,84	2,84	2,84	01h00 a 16h00 - 23h00 a 00h00	75,00 %	10,93 °	FRECIENTE LEVE	0,17 %	22,23 %	2,11 %
	M2-P3	20h00 a 21h00	4,17 %	0,04 °	TEMPORAL LEVE					01h00 a 17h00 - 23h00 a 00h00	79,17 %	11,45 °	FRECIENTE LEVE	0,29 %	21,23 %	2,62 %
	M2-P4	17h00 a 23h00	29,17 %	3,58 °	TEMPORAL LEVE	14h00 - 18h00	5,47	9,55	8,05	01h00 a 13h00 - 23h00 a 00h00	58,33 %	8,56 °	FRECIENTE LEVE	0,67 %	24,15 %	4,99 %
	M3-P1	19h00 a 22h00	16,67 %	0,20 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	2,43	2,43	2,43	01h00 a 16h00 - 23h00 a 00h00	75,00 %	11,08 °	FRECIENTE LEVE	0,34 %	22,23 %	3,08 %
	M3-P2	19h00 a 22h00	16,67 %	0,44 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	2,36	2,36	2,36	01h00 a 16h00 - 23h00 a 00h00	75,00 %	10,94 °	FRECIENTE LEVE	0,20 %	23,34 %	2,63 %
	M3-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 17h00 - 23h00 a 00h00	75,00 %	11,78 °	FRECIENTE LEVE	0,32 %	14,48 %	3,11 %
	M3-P4	00 a 14h00 - 23h00 a 00h00	62,50 %	20,40 °	FRECIENTE INTENSO	13h00 - 18h00	3,83	12,37	9,53	01h00 a 12h00 - 23h00 a 00h00	54,17 %	8,09 °	FRECIENTE LEVE	0,87 %	24,41 %	6,25 %
ESTE	M1-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 14h00 - 21h00 a 00h00	75,00 %	10,01 °	FRECIENTE LEVE	0,37 %	23,54 %	4,21 %
	M1-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 14h00 - 21h00 a 00h00	75,00 %	9,93 °	FRECIENTE LEVE	0,27 %	23,90 %	3,54 %
	M1-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 00h00	100,00 %	15,18 °	FRECIENTE INTENSO	0,25 %	1,67 %	1,01 %
	M1-P4	15h00 a 18h00	16,67 %	0,72 °	TEMPORAL LEVE	13h00 - 18h00	7,62	11,45	9,48	01h00 a 09h00 - 23h00 a 00h00	41,67 %	5,82 °	TEMPORAL LEVE	1,03 %	24,85 %	7,12 %
	M2-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 15h00 - 20h00 a 00h00	83,33 %	10,38 °	FRECIENTE LEVE	0,30 %	21,03 %	2,55 %
	M2-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 14h00 - 21h00 a 00h00	75,00 %	10,22 °	FRECIENTE LEVE	0,17 %	22,49 %	2,10 %
	M2-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 15h00 - 20h00 a 00h00	83,33 %	11,38 °	FRECIENTE LEVE	0,27 %	21,46 %	2,62 %
	M2-P4				SIN INCOMODIDAD	15h00 - 17h00	5,53 °	7,10 °	4,21 °	01h00 a 10h00 - 23h00 a 00h00	50,00 %	6,81 °	FRECIENTE LEVE	0,68 %	24,05 %	5,00 %
	M3-P1				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 14h00 - 21h00 a 00h00	75,00 %	10,20 °	FRECIENTE LEVE	0,33 %	22,26 %	3,07 %
	M3-P2				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 14h00 - 21h00 a 00h00	75,00 %	10,10 °	FRECIENTE LEVE	0,20 %	23,70 %	2,63 %
	M3-P3				SIN INCOMODIDAD					01h00 a 16h00 - 19h00 a 00h00	91,67 %	12,21 °	FRECIENTE INTENSO	0,31 %	14,18 %	3,10 %
	M3-P4				SIN INCOMODIDAD	13h00 - 18h00	6,19	8,41	7,44	01h00 a 09h00 - 23h00 a 00h00	41,67 %	6,32 °	TEMPORAL LEVE	0,82 %	24,34 %	6,26 %
OESTE	M1-P1	17h00 a 23h00	29,17 %	6,21 °	TEMPORAL LEVE	15h00 - 18h00	3,23	7,08	4,59	06h00 a 12h00	29,17 %	2,27 °	TEMPORAL LEVE	0,30 %	24,08 %	4,20 %
	M1-P2	01h00 a 16h00 - 00h00	29,17 %	6,17 °	TEMPORAL LEVE	15h00 - 18h00	3,09	6,77	4,38	06h00 a 12h00	29,17 %	2,22 °	TEMPORAL LEVE	0,30 %	23,88 %	3,94 %
	M1-P3	18h00 a 21h00	16,67 %	1,73 °	TEMPORAL LEVE	17h00 - 18h00	2,56	2,56	2,56	05h00 a 13h00	37,50 %	3,68 °	TEMPORAL LEVE	0,24 %	1,75 %	1,02 %
	M1-P4	01h00 - 14h00 a 00h00	50,00 %	26,27 °	FRECIENTE INTENSO	13h00 - 18h00	3,49	33,86	19,92	07h00 a 09h00	12,50 %	0,63 °	TEMPORAL LEVE	1,02 %	24,71 %	7,12 %
	M2-P1	17h00 a 23h00	29,17 %	4,83 °	TEMPORAL LEVE	15h00 - 18h00	1,68	8,34	5,09	06h00 a 12h00	29,17 %	2,42 °	TEMPORAL LEVE	0,29 %	21,00 %	2,55 %
	M2-P2	17h00 a 23h00	29,17 %	4,85 °	TEMPORAL LEVE	15h00 - 18h00	1,61	7,99	4,88	06h00 a 12h00	29,17 %	2,31 °	TEMPORAL LEVE	0,17 %	22,52 %	2,11 %
	M2-P3	17h00 a 23h00	29,17 %	3,87 °	TEMPORAL LEVE	16h00 - 18h00	4,92	7,66	6,29	06h00 a 12h00	29,17 %	2,61 °	TEMPORAL LEVE	0,29 %	21,07 %	2,62 %
	M2-P4	15h00 a 00h00	41,67 %	16,08 °	TEMPORAL INTENSO	13h00 - 18h00	6,43	22,79	13,78	06h00 a 10h00	20,83 %	1,15 °	TEMPORAL LEVE	0,71 %	23,87 %	5,01 %
	M3-P1	17h00 a 23h00	29,17 %	5,33 °	TEMPORAL LEVE	15h00 - 18h00	1,40	6,98	4,27	06h00 a 12h00	29,17 %	2,39 °	TEMPORAL LEVE	0,33 %	22,12 %	3,07 %
	M3-P2	17h00 a 23h00	29,17 %	5,37 °	TEMPORAL LEVE	15h00 - 18h00	1,34	6,49	4,03	06h00 a 12h00	29,17 %	2,30 °	TEMPORAL LEVE	0,20 %	23,48 %	2,63 %
	M3-P3	17h00 a 22h00	25,00 %	3,68 °	TEMPORAL LEVE	16h00 - 18h00	1,63	6,15	3,90	05h00 a 13h00	37,50 %	2,82 °	TEMPORAL LEVE	0,34 %	14,25 %	3,10 %
	M3-P4	01h00 - 15h00 a 00h00	45,83 %	21,18 °	TEMPORAL INTENSO	12h00 - 18h00	5,80	29,42	16,74	06h00 a 09h00	16,67 %	0,83 °	TEMPORAL LEVE	0,87 %	24,54 %	6,26 %



